



**Irene Margarida Silva
Teixeira**

**Reabilitação Energética de um Edifício da UA:
Ótimo Económico VS NZEB**



**Irene Margarida Silva
Teixeira**

**Reabilitação Energética de um Edifício da UA: Ótimo
Económico VS NZEB**

Trabalho de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor Nelson Amadeu Dias Martins, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais, Fátima e Germano Teixeira, os pilares da minha vida.

o júri

presidente

Prof. Doutor Luís António da Cruz Tarelho

Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

arguente

Doutor Bruno Cardoso Lamas

Engenheiro, Exploração & Produção – Galp Energia, S. A.

orientador

Prof. Doutor Nelson Amadeu Dias Martins

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de dirigir as minhas palavras de agradecimento ao meu orientador, Professor Doutor Nelson Martins, a si o meu muito obrigado pela oportunidade, motivação e conhecimento transmitido. Também gostaria de agradecer ao Engenheiro Pedro Ferreira e ao Senhor Joaquim Cunha, elementos da equipa dos Serviços de Gestão Técnica e Logística da Universidade de Aveiro, cavalheiros a vós o meu profundo e sincero agradecimento pela constante prontidão em me apoiar a ultrapassar cada obstáculo, pelo tempo e compreensão dedicados. Agradeço ainda à agência de Aveiro da empresa Rexel, pelos catálogos de iluminação cedidos, e ao Senhor José Almeida, comercial do grupo ZANTIA, pela proposta de orçamento facultada.

Aos meus colegas de mestrado e agora amigos para a vida, André Santiago, Emanuel Delgado, Inês Soares, Lea Nogueira Lima e Tiago Couchinho, obrigado pelo apoio académico e pessoal, sem vós este último ano teria sido muito mais difícil.

À Ana Castro, à Daniela Catalão e à Madalena Sá, pelo apoio e carinho com que sempre me brindam. À Ana Luís Alves, pelo exemplo, força, alegria e boa disposição com que me contagia. À Diana Santos, pela paz e tranquilidade que sempre me transmite. À Sofia Pires, pela presença constante, apesar de estar tão longe, e pelas palavras de conforto nos momentos certos.

Ao João Magalhães, pela extensa paciência e compreensão demonstrada ao longo desta etapa, por cada palavra e pela força nas fases mais difíceis deste percurso, este trabalho de certa forma também é teu.

Por último, mas não menos importantes, aos meus pais e a toda a minha família próxima, pelo apoio incondicional, por todo o carinho e amor, pela perseverança, confiança e acima de tudo por dedicarem as vossas vidas à minha formação, sem vocês nada disto seria concretizável.

A todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento académico e pessoal, os meus sentidos agradecimentos!

palavras-chave

SCE, RECS, reabilitação energética, edifício central e da reitoria, DesignBuilder, NZEB.

resumo

A Diretiva EPBD Reformulada (2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010), atualmente transposta para a legislação portuguesa através do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, para além de clarificar alguns dos princípios da anterior diretiva EPBD, veio introduzir novas disposições que reforçam o quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz daquilo que são as metas e desafios comuns acordados pelos Estados-Membros para os horizontes temporais de 2020 e 2050. A definição de requisitos e a avaliação de desempenho dos edifícios de serviços passa a assentar explicitamente em pilares fundamentais: comportamento térmico, eficiência dos sistemas, qualidade do ar interior e instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos.

Tendo em conta o elevado consumo do setor terciário e o novo pacote legislativo relativo ao desempenho energético e à certificação energética de edifícios, o principal objetivo do presente trabalho de projeto consiste em avaliar a reabilitação energética do edifício Central e da Reitoria segundo duas perspetivas diferentes: ótimo económico e NZEB. Na ótica do ótimo económico são analisadas técnica e economicamente um conjunto de soluções de reabilitação energética convencionais aplicadas individualmente. Na ótica NZEB é analisada técnica e economicamente a transformação do edifício estudado num NZEB, através da aplicação simultânea de todas as soluções convencionais testadas na ótica do ótimo económico.

Este trabalho de projeto é suportado pela utilização intensiva da simulação dinâmica de edifícios através do *software* DesignBuilder, de forma a desenvolver e validar o modelo energético simplificado do edifício estudado, analisar o desempenho energético do mesmo, bem como avaliar o impacto das soluções de reabilitação energética propostas nesse desempenho. A avaliação da reabilitação energética segundo as duas perspetivas culmina na análise de viabilidade económica segundo dois métodos diferentes, um mais simplista e outro mais detalhado, e na verificação do cumprimento dos requisitos NZEB.

Os resultados obtidos com o presente trabalho de projeto consistem na metodologia de levantamento de informação e de caracterização de edifícios no âmbito da simulação dinâmica, no modelo energético simplificado do edifício estudado validado e na verificação da aplicabilidade da reabilitação energética segundo a perspetiva do ótimo económico em detrimento da perspetiva NZEB, para a qual um conjunto de soluções de reabilitação energética convencionais não é suficiente para transformar o edifício Central e da Reitoria num NZEB.

keywords

SCE, RECS, energetic rehabilitation, central e da reitoria building, DesignBuilder, NZEB.

abstract

The EPBD recast directive (2010/31/EU from the European Parliament and Council, in 19th of May of 2010), transposed to the Portuguese legislation through the “*Decreto-Lei n.º118/2013*” in 20th of August. Besides clarifying some principles of the previous EPBD directive, it establishes new provisions which reinforce the promotion of energy performance of buildings, in the light of the common goals and challenges facing the European Union for the time horizons of 2020 and 2050. The definition of requirements and the evaluation of energy performance of buildings is particularly based on fundamental pillars: thermal behavior, systems efficiency, indoor air quality and installation, conduction and maintenance of technical systems.

Taking into account the high-energy consumption of the tertiary sector and the new legislative package about energy performance and energy certification of buildings, the main goal of the present project work is to evaluate the energetic rehabilitation of the Central Building and the Rectory Building according to two different perspectives – optimal economic and NZEB. For the first one, a group of energetic rehabilitation conventional solutions, that will be applied individually, are analyzed technically and economically. For the second one, is analyzed, as well, technically and economically the transformation of the building, studied in NZEB through simultaneous application of all conventional solutions that are tested in the perspective of the economic optimal.

This work is supported by the intensive use of dynamic simulation of buildings through *DesignBuilder* software to develop and validate the simplified energetic model of the building in study, analyze the energetic performance of it, as well as to evaluate solutions of energetic rehabilitation proposed in that performance. The evaluation of the energetic rehabilitation according to both perspectives has it climax in the analysis of energetic rehabilitation taking into account two different methods - a simplified one and a detailed one – and the proofing of compliance of NZEB requirements.

The results obtained with this project are presented on the methodology of the collection of information and on the characterization of buildings the simplified energetic model of the building studied validated and on the verification of applicability of energetic rehabilitation, according the economic optimal perspective instead of NZEB perspective – for which a group of energetic rehabilitation conventional solutions is not enough to transform the Central Building and the Rectory Building into NZEB.

Índice

Índice.....	i
Índice de Imagens.....	I
Índice de Tabelas.....	IX
Lista de Acrónimos.....	XIII
Nomenclatura.....	XVII
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos Gerais.....	5
1.3. Revisão Bibliográfica.....	5
1.3.1. Legislação Aplicável.....	5
1.3.2. Regulamentos e Normas.....	10
1.3.3. Ferramentas Computacionais.....	17
1.3.4. Outra Bibliografia Relevante.....	20
1.4. Contributo do Projeto.....	23
1.5. Organização do Documento.....	23
2. Ferramentas e Métodos.....	25
2.1. Sumário.....	25
2.2. A Simulação Dinâmica de Consumo de Energia em Edifícios.....	25
2.2.1. Implantação e Dados Climáticos.....	27
2.2.2. Levantamento Dimensional.....	31
2.2.3. Levantamento Operacional.....	41
2.2.4. Caracterização de Equipamento e Sistemas.....	54
2.2.5. Indicadores de Desempenho Energético.....	63
2.3. Calibração do Modelo de Simulação Dinâmica.....	63
2.4. Otimização Energética e Económica.....	67
3. O Edifício Central e da Reitoria da UA.....	69
3.1. Sumário.....	73
3.2. Caracterização do Edifício.....	73
3.2.1. Localização e Orientação Solar.....	74
3.2.2. Soluções Construtivas.....	81
3.2.3. Aberturas.....	90
3.2.4. Sistemas de Climatização e Ventilação.....	104
3.2.5. Iluminação.....	118
3.2.6. Outros Sistemas Consumidores de Energia.....	130

3.2.7.	Padrões de Utilização	132
3.2.8.	Zonamento Térmico	174
3.3.	Simulação Dinâmica em Condições Reais	210
3.4.	Calibração do Modelo do Edifício	215
4.	Estudo de Opções de Reabilitação Energética	221
4.1.	Sumário	221
4.2.	Cenários Macroeconómicos	221
4.3.	Caraterização Técnica-Económica de Soluções de Reabilitação Energética	222
4.4.	Reabilitação Energética Nível 1	231
4.4.1.	Caraterização da Solução Proposta	231
4.4.2.	Indicadores de Desempenho Energético e Económico	234
4.5.	Reabilitação Energética Nível 2	236
4.5.1.	Caraterização da Solução Proposta	236
4.5.2.	Indicadores de Desempenho Energético e Económico	238
4.6.	Reabilitação Energética Nível 3	240
4.6.1.	Caraterização da Solução Proposta	240
4.6.2.	Indicadores de Desempenho Energético e Económico	244
4.7.	Reabilitação Energética Nível 4	246
4.7.1.	Caraterização da Solução Proposta	246
4.7.2.	Indicadores de Desempenho Energético e Económico	249
4.8.	Reabilitação Energética Nível 5	263
4.8.1.	Caraterização da Solução Proposta	263
4.8.2.	Indicadores de Desempenho Energético e Económico	269
4.9.	Reabilitação Energética Nível NZEB	273
4.9.1.	Caraterização da Solução Proposta	273
4.9.2.	Indicadores de Desempenho Energético e Económico	274
4.9.3.	Reabilitação Energética Nível NZEB ⁺	281
4.10.	Análise Comparativa das Opções de Projeto Testadas	282
4.11.	Síntese de Capítulo	285
5.	Conclusões	287
5.1.	Principais Limitações do Projeto	287
5.2.	Principais Conclusões do Projeto	288
5.3.	Sugestões de Trabalho Futuro	294
	Referências Bibliográficas	297
	Anexo 1	307
	Anexo 2	311
	Anexo 3	315

Anexo 4	321
Anexo 5	325
Anexo 6	329
Anexo 7	333
Anexo 8	337
Anexo 9	341
Anexo 10	347
Anexo 11	353
Anexo 12	367
Anexo 13	371
Anexo 14	379
Anexo 15	385
Anexo 16	389
Anexo 17	395
Anexo 18	409
Anexo 19	413
Anexo 20	425
Anexo 21	435

Índice de Imagens

Imagem 1 – Componentes de Edifícios	7
Imagem 2 – Sistemas Alternativos para Fornecimento de Energia	9
Imagem 3 - Consumos para os Usos do Tipo S e do Tipo T	15
Imagem 4 - Edifício Referência	16
Imagem 5 – Conflito Custo Ótimo	20
Imagem 6 – Limites Físicos à Captação de Energias Renováveis	22
Imagem 7 – Interações Dinâmicas	26
Imagem 8 – Implantação Edifício Central e da Reitoria através do Google Earth	28
Imagem 9 – Implantação Edifício Central e da Reitoria através do mapa do campus (Aveiro, 1994)	28
Imagem 10 - Requisitos de Qualidade Térmica da Envolvente em Função das Zonas Climáticas	29
Imagem 11 – Zonas Climáticas	30
Imagem 12 – Layout da Aplicação CLIMAS-SCE	31
Imagem 13 – Envolvente Opaca e Envidraçada	32
Imagem 14 – Classificação da Envolvente Opaca	32
Imagem 15 – Marcação da Envolvente Opaca (DesignBuilder, 2014b)	33
Imagem 16 – Coeficiente de Absorção da Radiação Solar da Superfície Exterior da Envolvente Opaca	35
Imagem 17 – Ângulo do Horizonte (à esquerda em planta e à direita em corte)	36
Imagem 18 – Ângulo da Obstrução para F_o (Ministério das Obras Públicas, 2006b)	36
Imagem 19 – Ângulo da Obstrução para F_f (Ministério das Obras Públicas, 2006b)	36
Imagem 20 – Pontes Térmicas (ITeCons, 2011)	37
Imagem 21 – Fluxo Térmico das PTL (a.) e das PTP (b.) (Chipre, [s.d.]; TISEM, 2012)	38
Imagem 22 – Zoneamento Térmico (a. planta com as 26 divisões; b. zoneamento monozone; c. zoneamento multizone)	40
Imagem 23 – Ventiloinvector	45
Imagem 24 – Radiador	45
Imagem 25 – AC Split do tipo Mural	45
Imagem 26 – Típica Disposição dos AC Split	45
Imagem 27 – AC Multi-Split do tipo Cassete 4 Vias	45
Imagem 28 – Princípio de Funcionamento dos STA (DesignBuilder, 2014c)	46
Imagem 29 – Recuperação de Calor associada à Ventilação	46
Imagem 30 – Chiller (Daikin, [s.d.])	48
Imagem 31 – Bomba de Calor (Carrier, 2014)	48
Imagem 32 – Caldeira (Martins, Nelson, 2013a)	48
Imagem 33 – Ventilação com Filtragem do Ar (1. Aspiração de Ar; 2. Filtro Metálico; 3. Filtro de Manta Acrílica; 4. Filtro Electroestático; 5. Filtro de Carvão Ativado; 6. Ventilador) (Martins, Nelson, 2013a)	49
Imagem 34 – Difusores de Ar (a. Difusor de Teto; b. Difusor de Fenda; c. Difusor Nozzle) (Martins, Nelson, 2013a, 2013d)	50
Imagem 35 – Estratégia de Ventilação	52
Imagem 36 - Valores Médios de Iluminância Recomendados para Zonas de Escritórios (EN 12464-1)	56
Imagem 37 – Categorias SFP	57
Imagem 38 – Classes IEC	57
Imagem 39 – Caudal Mínimo de Ar Novo em Função da Ocupação	58
Imagem 40 – Caudal Mínimo de Ar Novo em Função do Edifício	58
Imagem 41 – ε_v em Função da Configuração da Distribuição de Ar na Zona	59
Imagem 42 – Classes das UTA/UTAN	61
Imagem 43 – Processo de Calibração	64
Imagem 44 – Possível Erro na Previsão do Desempenho versus Complexidade do Modelo	66

Imagem 45 – Campi UA em Aveiro.....	69
Imagem 46 – Praça Central (em cima), Adro da Reitoria (em baixo à esquerda) e Alameda (em baixo à direita) (Arquitectos, [s.d.]; Morgado, [s.d.]; Sousa et al., 2014)	70
Imagem 47 – Pavilhão III (Aveiro, 1994).....	71
Imagem 48 – Edifício Central e da Reitoria	71
Imagem 49 – Auditório, Esquina e Bloco com Gabinetes (respetivamente) (Arquitectos, [s.d.]; Aveiro, [s.d.])	72
Imagem 50 – Átrio Monumental e Pátio (respetivamente) (Arquitectos, [s.d.])	72
Imagem 51 – Edifício Central e da Reitoria (edifício real e modelo simplificado).....	74
Imagem 52 – Localização do Edifício Central e Reitoria (PCP, 2010; Portugal, 2003; Wikienergia, [s.d.]) (outras imagens obtidas pelo recurso às ferramentas Google Earth e Google Maps).....	75
Imagem 53 – Região N/S com base no Rio Tejo (Wikipédia, [s.d.]).....	75
Imagem 54 – NUTS II (Martin, 2010)	75
Imagem 55 – NUTS III (Emprego, 2013e)	76
Imagem 56 – Orientação Solar das Fachadas do Edifício (imagens obtidas através do Prof. Nelson Martins).....	76
Imagem 57 – Trajetória do Sol ao Longo do Ano	77
Imagem 58 – Layout CLIMAS-SCE após Localização	78
Imagem 59 – Layout CLIMAS-SCE após Altitude	78
Imagem 60 - Altitude.....	79
Imagem 61 – Localização Padrão	79
Imagem 62 – Processamento do Ficheiro EPW	80
Imagem 63 – Conversão do Ficheiro EPW	80
Imagem 64 – Dados do Modelo (model data).....	81
Imagem 65 – Set U-Value	84
Imagem 66 – Marcação da Envolvente Piso -1.....	85
Imagem 67 – Marcação da Envolvente Piso 0	85
Imagem 68 – Marcação da Envolvente Alçados Sudeste e Nordeste (em cima e em baixo respetivamente)	86
Imagem 69 – Marcação da Envolvente Alçados Noroeste e Sudoeste (em cima e em baixo respetivamente)	86
Imagem 70 – Cobertura Verde	87
Imagem 71 – Representação do α no DesignBuilder	88
Imagem 72 – P_d dos 5 Pisos (fachada a poente).....	88
Imagem 73 – P_d dos 5 Pisos Intermédios e do Auditório (fachada a nascente)	88
Imagem 74 - Espaços Interiores Não Úteis.....	89
Imagem 75 - Espaço Interior Não Útil	89
Imagem 76 – Vãos Envidraçados Exteriores.....	90
Imagem 77 - Representação dos Vãos Envidraçados Exteriores no DesignBuilder.....	91
Imagem 78 – Outputs do Software Calumen II	91
Imagem 79 – Layout do Software Calumen II.....	92
Imagem 80 – Representação dos Vãos Envidraçados Interiores no DesignBuilder	93
Imagem 81 – Vãos Envidraçados Interiores	93
Imagem 82 – Portas Interiores	94
Imagem 83 - Representação das Portas Interiores no DesignBuilder	94
Imagem 84 – Porta Exterior da Fachada a Nordeste.....	95
Imagem 85 – Porta Exterior da Fachada a Sudoeste	95
Imagem 86 – Porta Exterior da Fachada a Noroeste.....	95
Imagem 87 – Dispositivos de Proteção Solar da Esquina com Gabinetes	96
Imagem 88 – Dispositivos de Proteção Solar do Longo Bloco com Gabinetes.....	96
Imagem 89 - Representação dos Dispositivos de Proteção Solar da Esquina com Gabinetes no DesignBuilder	97

Imagem 90 - Representação dos Dispositivos de Proteção Solar dos Pisos 1, 2 e 3 do Longo Bloco com Gabinetes no DesignBuilder	97
Imagem 91 - Representação dos Dispositivos de Proteção Solar do Piso 0 do Longo Bloco com Gabinetes no DesignBuilder	98
Imagem 92 – Vãos Envidraçados da Sala da Caldeira e da Escadaria (à esquerda e à direita, respetivamente)	98
Imagem 93 – Impacto dos Dispositivos de Sombreamento	99
Imagem 94 – Dimensões do Vão Envidraçado da Fachada a NE do Bloco do Auditório ou “Aula Magna” ..	100
Imagem 95 – Dimensões dos Vãos Envidraçados da Esquina com Gabinetes	100
Imagem 96 – Dimensões do Vão Envidraçado da Fachada a SE do Piso 0 do Longo Bloco com Gabinetes..	101
Imagem 97 – Dimensões dos Vãos Envidraçados da Fachada NO do Longo Bloco com Gabinetes	101
Imagem 98 – Dimensões dos Vãos Envidraçados do Fosso do Pátio/Impluvium.....	102
Imagem 99 - Dimensões dos Vãos Envidraçados e Portas Interiores.....	103
Imagem 100 – Função “Import building from external file”	103
Imagem 101 – Enquadramento das Obstruções Exteriores ao Edifício Relativamente ao Edifício.....	103
Imagem 102 – Dimensões das Obstruções Criadas por Elementos do Edifício	104
Imagem 103 – Características dos STA do Edifício Central e da Reitoria	105
Imagem 104 – Recuperação de Calor no DesignBuilder.....	106
Imagem 105 – Recirculação de Ar no DesignBuilder	107
Imagem 106 – Caldeira no DesignBuilder	107
Imagem 107 – Curvas Eficiência Carga de Diferentes Tipos de Caldeiras	108
Imagem 108 – Chiller no DesignBuilder	109
Imagem 109 – Chiller Reversível no DesignBuilder	109
Imagem 110 – Ventilação de Extração no DesignBuilder.....	110
Imagem 111 – Ventilação de Insuflação no DesignBuilder	111
Imagem 112 – Ventilação de Insuflação e Extração no DesignBuilder.....	111
Imagem 113 – Sistema de Ventilação Desacoplado da Climatização no DesignBuilder	112
Imagem 114 – Caudal Mínimo de Ar Novo no DesignBuilder	113
Imagem 115 – Ventilação Natural no DesignBuilder.....	114
Imagem 116 – Infiltrações no DesignBuilder.....	115
Imagem 117 – Sistemas AC Split no DesignBuilder (à esquerda unidade da zona de centrais de segurança e à direita da zona da sala de quadros elétricos)	116
Imagem 118 – SFP Guia Regulamentar Inglês de Modelação de Edifícios Relativo ao NCM (London, 2008) ..	117
Imagem 119 – HVAC templates Selecionados.....	118
Imagem 120 – Quantidade Total de Balastros por Tipo de Balastro	119
Imagem 121 – Quantidade Total de Balastros por Potência Individual de Balastro	119
Imagem 122 – Potência Total de Balastros por Tipo de Balastro (em kW)	120
Imagem 123 – Quantidade de Lâmpadas por Luminária na Totalidade de Luminárias	120
Imagem 124 – Quantidade Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada	121
Imagem 125 – Tipologia das Lâmpada no Software de SD (lighting templates)	121
Imagem 126 – Quantidade Total de Lâmpadas por Potência Individual de Lâmpada	122
Imagem 127 – Potência Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada (em kW)	122
Imagem 128 – Zona do Modelo de SD com E_m de 25 lux	124
Imagem 129 – Zona do Modelo de SD com E_m de 200 lux	124
Imagem 130 – Zona do Modelo de SD com E_m de 300 lux	125
Imagem 131 – Zona do Modelo de SD com E_m de 350 lux	125
Imagem 132 – Percentagem Total de Zonas por Nível de E_m (em lux).....	126
Imagem 133 – Disposição das Células Crepusculares no Espaço	126
Imagem 134 – Potência Total de Iluminação por Piso (em kW).....	127
Imagem 135 – DPI Total por Piso (em $W \cdot m^{-2}$)	127
Imagem 136 – Potência Total de Iluminação por Piso Intermédio (em kW)	128

Imagem 137 – DPI Total por Piso Intermédio (em $W \cdot m^{-2}$)	128
Imagem 138 – Quantidade Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada e por Piso	129
Imagem 139 – Quantidade Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada e por Piso Intermédio	129
Imagem 140 – Níveis de E_m por Piso (em lux)	130
Imagem 141 – Níveis de E_m por Piso Intermédio (em lux)	130
Imagem 142 – Sistema de Preparação AQS no DesignBuilder	131
Imagem 143 – Número Total de Ocupantes por Piso.....	133
Imagem 144 – Número Total de Ocupantes por Piso Intermédio.....	133
Imagem 145 – Densidade de Ocupação por Piso (em ocupantes·m ⁻²).....	134
Imagem 146 – Densidade de Ocupação por Piso Intermédio (em ocupantes·m ⁻²).....	134
Imagem 147 – Número de Ocupantes por Zona Térmica	135
Imagem 148 – Caracterização da Ocupação no DesignBuilder	136
Imagem 149 – Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder	136
Imagem 150 – Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas.....	137
Imagem 151 – Schedule de Ocupação associado ao Template de Atividade “Armazéns_9 horas/dia (todos os dias)”	137
Imagem 152 – Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder	138
Imagem 153 - Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas	138
Imagem 154 – Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta-feira das 06:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder ..	139
Imagem 155 – Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta-feira das 06:00 às 20:00 Horas	139
Imagem 156 – Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder ..	140
Imagem 157 – Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 18:00 Horas	140
Imagem 158 – Schedule de Ocupação associado ao Template de Atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)”	141
Imagem 159 – Perfil de Ocupação Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder	142
Imagem 160 – Perfil de Ocupação Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas	142
Imagem 161 – Caracterização do Metabolismo dos Ocupantes no DesignBuilder	143
Imagem 162 – Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder	145
Imagem 163 – Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 18:00 Horas.....	145
Imagem 164 – Perfil de Operação de Portas Interiores Uma Vez por Semana das 13:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder	146
Imagem 165 – Perfil de Operação de Portas Interiores Uma Vez por Semana das 13:00 às 18:00 Horas	146
Imagem 166 – Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder	147
Imagem 167 – Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas ..	147
Imagem 168 – Perfil de Operação de Janelas Interiores de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder	148
Imagem 169 – Perfil de Operação de Dispositivos de Proteção Solar de Segunda a Sexta-feira das 06:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder	149
Imagem 170 – Distribuição da Climatização ao Longo do Ano	149
Imagem 171 – Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas nas Centrais de Segurança no DesignBuilder	150
Imagem 172 – Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas na Sala de Quadros Elétricos no DesignBuilder	151
Imagem 173 – Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas	151
Imagem 174 – Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Sexta-feira das 08:30 às 19:00 Horas no DesignBuilder	152
Imagem 175 – Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Sexta-feira das 08:30 às 19:00 Horas	152
Imagem 176 – Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder	153

Imagem 177 – Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas	153
Imagem 178 – Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 19:00 Horas no DesignBuilder	154
Imagem 179 – Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 19:00 Horas	154
Imagem 180 – Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder	155
Imagem 181 – Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 20:00 Horas	156
Imagem 182 – Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Sexta-feira das 08:30 às 19:00 Horas no DesignBuilder	156
Imagem 183 – Perfil de Operação da Ventilação Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder	157
Imagem 184 – Perfil de Operação da Ventilação Uma Vez por Semana das 13:00 às 19:00 horas no DesignBuilder	157
Imagem 185 – Perfil de Operação das Infiltrações de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder	158
Imagem 186 – Perfil de Operação da Ventilação Natural de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder	158
Imagem 187 – Perfil de Operação da Ventilação Mecânica de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder	159
Imagem 188 – Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas	159
Imagem 189 – Schedule de Operação da Iluminação associado ao Template de Atividade “Escritórios” ...	160
Imagem 190 – Schedule de Operação da Iluminação associado ao Template de Atividade “Armazéns_9 horas/dia (todos os dias)”	161
Imagem 191 – Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (1) no Designbuilder	161
Imagem 192 – Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (1)	162
Imagem 193 – Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2) no DesignBuilder	163
Imagem 194 – Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2)	163
Imagem 195 – Schedules de Operação da Iluminação associado ao Template de Atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)”	164
Imagem 196 – Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Sexta-feira das 10:00 às 18:00 Horas.....	164
Imagem 197 – Perfil de Operação da Iluminação Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder	165
Imagem 198 – Perfil de Operação da Iluminação Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas	165
Imagem 199 – Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (3) no DesignBuilder	166
Imagem 200 – Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder	166
Imagem 201 – Perfil de Funcionamento do Sistema de Produção AQS de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder	167
Imagem 202 – Schedule de Preparação de AQS associado ao Template de Atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)”	168
Imagem 203 – Caracterização dos Equipamentos no DesignBuilder	168
Imagem 204 – Schedule de Operação de Equipamentos associado ao Template de Atividade “Armazéns_ 9 horas/dia (todos os dias)”	169
Imagem 205 – Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (1) no DesignBuilder	170
Imagem 206 – Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (1)	170
Imagem 207 – Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2) do DesignBuilder	171

Imagem 208 – Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2)	171
Imagem 209 – Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Sexta-feira das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder	172
Imagem 210 – Schedule de Operação de Equipamentos associado ao Template de Atividade “Cozinhas_8 horas/dia (segunda a sexta)”	172
Imagem 211 – Perfil de Operação de Equipamentos Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder	173
Imagem 212 – Perfil de Operação de Equipamentos Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas	173
Imagem 213 – Descrição dos Períodos de Interrupção da Operação do Edifício Central e da Reitoria no DesignBuilder	174
Imagem 214 – Zoneamento Térmico Piso -1	175
Imagem 215 – Zoneamento Térmico Piso 0	181
Imagem 216 – Zoneamento Térmico Piso 1	188
Imagem 217 – Zoneamento Térmico Piso 2	196
Imagem 218 – Zoneamento Térmico Piso 3	203
Imagem 219 – Revisão da Marcação da Envolvente Piso -1	209
Imagem 220 – Revisão da Marcação da Envolvente Piso 0	210
Imagem 221 – Distribuição de Consumo de Energia por Vetor Energético	211
Imagem 222 – Distribuição do Consumo de Energia Elétrica por Utilização Final	211
Imagem 223 – Distribuição do Consumo de Energia por Grupo Consumidor	212
Imagem 224 – Perdas e Ganhos Térmicos Através da Envolvente e da Renovação do Ar Interior	212
Imagem 225 – Perdas e Ganhos Térmicos Devidos às Fontes Internas de Calor, aos Ganhos Solares e à Insuflação de Ar	213
Imagem 226 – Perdas e Ganhos Térmicos Mensais Através da Envolvente e da Renovação do Ar Interior	214
Imagem 227 – Perdas e Ganhos Térmicos Mensais Devidos às Fontes Internas de Calor, aos Ganhos Solares e à Insuflação de Ar	214
Imagem 228 – Relação entre o VAL e a TIR (IAPMEI, 2001)	227
Imagem 229 – Valor aproximado e valor real da TIR; VAL ₁ (VAL positivo), VAL ₂ (VAL negativo), d ₁ (d que origina o VAL ₁) e d ₂ (d que origina o VAL ₂) são parâmetros necessários ao método de interpolação linear em análise (IAPMEI, 2001)	227
Imagem 230 – Perfil de Operação dos Sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2) Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1 (perfil da esquerda e perfil da direita, respetivamente)	231
Imagem 231 – Perfil de Operação dos Sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2) Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1	232
Imagem 232 – Perfil de Operação dos Sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1 (perfil da esquerda e perfil da direita, respetivamente)	232
Imagem 233 – Perfil de Operação dos Sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1	233
Imagem 234 – Temperatura Setpoint de Aquecimento Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 2 (temperatura da esquerda e temperatura da direita, respetivamente)	236
Imagem 235 - Potência Térmica de Aquecimento Recomendada pelo Cálculo do Heating design do DesignBuilder	241
Imagem 236 - Curva Biquadrática da Eficiência de Caldeiras de Condensação Utilizada pelo DesignBuilder	242
Imagem 237 – Curva Rendimento-Carga Obtida	242
Imagem 238 – Rendimento Sazonal da Unidade de Produção de Calor Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 3 (rendimento sazonal da esquerda e rendimento sazonal da direita, respetivamente)	243

Imagem 239 – Requisito Mínimo de Eficiência Energética de Caldeiras e seus Rendimentos Nominais por Classe de Eficiência Energética	244
Imagem 240 – Distribuição do Peso de Cada uma das Tipologias de Lâmpadas Seleccionadas no Consumo Total de Energia Elétrica Devido à Iluminação Artificial	253
Imagem 241 – Envidraçado Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5 (envidraçado em cima e envidraçado em baixo, respetivamente)	264
Imagem 242 – Caixilharia Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5 (caixilharia em cima e caixilharia em baixo, respetivamente).....	265
Imagem 243 – Fator Solar Global Máximo	266
Imagem 244 – Ângulo de Obstrução dos Elementos Horizontais Sobrejacentes aos Envidraçados do Piso 3 da Esquina com Gabinetes	267
Imagem 245 - Ângulo de Obstrução dos Elementos Horizontais Sobrejacentes aos Envidraçados do Piso 3 do Longo Bloco com Gabinetes	267
Imagem 246 - Ângulo de Obstrução dos Elementos Verticais Adjacentes aos Envidraçados dos Pisos 1 e 3 do Longo Bloco com Gabinetes	267
Imagem 247 - Ângulo de Obstrução dos Elementos Horizontais Sobrejacentes aos Envidraçados dos Pisos 1 e 2 do Longo Bloco com Gabinetes	268
Imagem 248 - Ângulo de Obstrução do Elemento Vertical Adjacente ao Envidraçado do Piso 2 do Longo Bloco com Gabinetes.....	268
Imagem 249 – Peso de Cada Conjunto de Vãos Envidraçados no Investimento Inicial	271
Imagem 250 – Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1 nos Ganhos Internos e Solares .	289
Imagem 251 – Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível 2 nos Ganhos Internos e Solares .	290
Imagem 252 – Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 nos Ganhos Internos e Solares .	291
Imagem 253 – Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5 nos Ganhos Internos e Solares .	291
Imagem 254 – Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB nos Ganhos Internos e Solares	292

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Pilares do Desempenho Energéticos dos Edifícios	12
Tabela 2 – Portarias para a Avaliação Energética de Edifícios.....	12
Tabela 3 – Despachos para a Avaliação Energética de Edifícios.....	13
Tabela 4 - Normas que Complementam a Portaria n.º 349-D.....	17
Tabela 5 – Soluções Construtivas	82
Tabela 6 – Parâmetros Geométricos do Edifício	89
Tabela 7 – Histórico de Consumos de Energia do Edifício Central e da Reitoria	215
Tabela 8 – Histórico de Consumos de Energia de Janeiro a Agosto do Edifício Central e da Reitoria	216
Tabela 9 – Consumos Anuais de Energia Estimados.....	216
Tabela 10 – Consumos Médios Anuais “Reais” Medidos do Edifício Central e da Reitoria.....	217
Tabela 11 – Resultados do Processo de Calibração para a 1ª Simulação	217
Tabela 12 – Resultados do Processo de Calibração para a 2ª Simulação	218
Tabela 13 – Correção dos Consumos Anuais Estimados e dos Consumos Médios Anuais “Reais” Medidos	218
Tabela 14 – Resultados do Processo de Calibração para a 3ª Simulação	219
Tabela 15 – Caracterização dos Cenários Macroeconómicos	222
Tabela 16 – Indicadores Económicos e Critérios de Aceitação	229
Tabela 17 – Consumos Energéticos e Indicadores de Desempenho Energético do Modelo Representativo da Realidade do Edifício Central e da Reitoria	230
Tabela 18 – Soluções de Reabilitação Energética.....	230
Tabela 19 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1.....	235
Tabela 20 – Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível 2.....	239
Tabela 21 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 2 na Ótica do Projeto de Investimento com Duração de 8 Anos	239
Tabela 22 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 2 na Ótica do Projeto de Investimento com Duração de 16 Anos	240
Tabela 23 – Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível 3.....	245
Tabela 24 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 3.....	246
Tabela 25 – Lâmpadas a Substituir no Âmbito da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4	249
Tabela 26 – Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível 4.....	251
Tabela 27 – Custo e Tempo de Vida Útil Médio de Cada Tipologia de Lâmpadas Seleccionadas no Âmbito da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4.....	252
Tabela 28 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “CorePro LEDcapsule LV”	254
Tabela 29 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “Esférica”	254
Tabela 30 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “Standard” de 470 lm	255
Tabela 31 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “MASTER LEDSpot PAR30”	255
Tabela 32 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “Standard” de 806 lm	256

Tabela 33 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “MASTER LEDtube VLE” de 1 000 lm	256
Tabela 34 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “Standard” de 1 055 lm	257
Tabela 35 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “MASTER LEDtube GA110”	257
Tabela 36 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “Standard” de 1 521 lm	258
Tabela 37 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “MASTER LEDtube VLE” de 1 600 lm	258
Tabela 38 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “CorePro LEDtube”	259
Tabela 39 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “MASTER LEDtube VLE” de 2 100 lm	259
Tabela 40 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “MASTER LEDtube VLE” de 3 100 lm	260
Tabela 41 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia Sódio de Alta Pressão “MASTER SON-T APIA Plus Hg Free” de 6 300 lm	260
Tabela 42 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia Sódio de Alta Pressão “MASTER SON-T APIA Plus Hg Free” de 57 600 lm	261
Tabela 43 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 numa Ótica Global	261
Tabela 44 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 na Ótica da Tipologia LED “CorePro LEDcapsule LV” para um Projeto de Investimento com Duração de 1 Ano e 8 Meses	262
Tabela 45 – Verificação do Requisito de Qualidade Térmica	268
Tabela 46 - Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível 5	270
Tabela 47 – Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial para Cada Conjunto de Elementos a Instalar	270
Tabela 48 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5	272
Tabela 49 – Elementos da Envolvente Envidraçada Exterior a Substituir na Solução Alternativa de Reabilitação Energética de Nível 5	272
Tabela 50 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução Alternativa de Reabilitação Energética de Nível 5	273
Tabela 51 – Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB	274
Tabela 52 – Variações Percentuais dos Consumos Energéticos Resultantes da Aplicação de cada uma das Soluções de Reabilitação Energética	275
Tabela 53 – Peso das Soluções de Reabilitação Energética Individuais nas Percentagens de Variação dos Consumos Energéticos Resultantes da Solução de Nível NZEB	275
Tabela 54 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 1	276
Tabela 55 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 2 para Projeto de Investimento com Duração de 8 Anos	277
Tabela 56 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 2 para Projeto de Investimento com Duração de 16 Anos	277
Tabela 57 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 3	278

Tabela 58 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 4	278
Tabela 59 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 4 para a Tipologia LED “CorePro LEDcapsule LV”	279
Tabela 60 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 4 para a Tipologia Sódio de Alta Pressão “MASTER SON-T APIA Plus Hg Free” de 57 600 lm	279
Tabela 61 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 5	280
Tabela 62 – Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB numa Ótica Global	281
Tabela 63 – Requisitos NZEB	282
Tabela 64 – Parâmetros Relevantes na Análise de Viabilidade das Soluções Propostas	284

Lista de Acrónimos

AC – Ar Condicionado

AQS – Água Quente Sanitária ou, em inglês, *Domestic Hot Water* (DHW)

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*

AVAC – Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

BC – Bomba de Calor

BPIE – *Buildings Performance Institute Europe*

CAD – *Computer Aided Design*

CAV – *Constant Air Volume*

CE – Certificado

CEN – *Comité Européen de Normalisation*

DAC – Desenho Assistido por Computador

DAT – *Data file*

DDEE – Diretiva Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios

DEGEI – Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

DIN – *Deutsches Institut für Normung*, em português, Instituto Alemão para Normatização

DX – Expansão Direta ou, em inglês, *Direct Expansion*

EE – Eficiência Energética

EN – *European Normalization*

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*

EPDM – Monómero de Etileno Propileno Dieno ou, em inglês, *Ethylene Propylene Diene Monomer*

EPW – *EnergyPlus Weather*

EUROSTAT – Serviço de Estatística da Comissão Europeia

FDP – Formato de Documento Portátil

FER – Fontes de Energia Renovável

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GES – Grande Edifício de Comércio e Serviços

IEC – *International Electrotechnical Commission*, em português, Comissão Eletrotécnica Internacional

ISO – *International Organization for Standardization*

LED – *Light Emitting Diode*, em português, Diodo Emissor de Luz

LNA – Locais Não Aquecidos

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

N – Norte

NE – Nordeste

NO – Noroeste

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais

NZEB – *Net Zero Energy Buildings*, em português, Edifícios com Necessidades Líquidas Nulas de Energia

PCE – Pré-certificado

PDF – *Portable Document Format*

PIB – Produto Interno Bruto

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNG – *Portable Network Graphics*

PQ – Perito Qualificado

PRE – Plano de Racionalização Energética

PTL – Ponte Térmica Linear

PTP – Ponte Térmica Plana

PVC – *Polyvinyl Chloride*, em português, Cloreto de Polivinilo

QAI – Qualidade do Ar Interior

RAA – Região Autónoma dos Açores

RAM – Região Autónoma da Madeira

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

REHVA – *Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations*

RES – *Renewable Energy Share*, em português, Quota de Energia Renovável

RQSECE – Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios

S – Sul

SCE – Sistema de Certificação Energética de Edifícios

SD – Simulação Dinâmica

SE – Sudeste

SGTL – Serviços de Gestão Técnica e Logística

SO – Sudoeste

STA – Sistema Tudo-Ar

TIM – Técnico de Instalação e Manutenção

UA – Universidade de Aveiro

UE – União Europeia

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo

UTD – Unidade Terminal de Difusão

VAV – Volume de Ar Variável ou, em inglês, *Variable Air Volume*

VDI – *Verein Deutscher Ingenieure*, ou, em inglês, *Association of German Engineers*

VM – Ventilação Mecânica (ventilação forçada)

VN – Ventilação Natural

XPS – Poliestireno Expandido Extrudido ou, em inglês, *Extruded Polystyrene*

ZNU – Zona Não Útil

ZT – Zona Térmica

ZU – Zona Útil

Nomenclatura

%CP – Percentagem de Capital Próprio [%]

%D – Percentagem de Dívida [%]

– Valor Médio Diário do Caudal de Ar Insuflado através do Sistema de Recuperação de Calor [m^3/h]

– Fator Solar do Vidro para uma Incidência Solar Normal ao Vão [-]

a – Coeficiente de Absorção da Radiação Solar da Superfície do Elemento da Envolvente Opaca [-]

A_0 a A_5 – Coeficientes da Equação da Curva de Eficiência de Caldeiras de Condensação Biquadrática [-]

A_p – Área Interior Útil de Pavimento [m^2]

C – Custos ou Despesas [unidade monetária]

C_{aqs} – Consumo Anual de AQS [l/ano]

CF – *Cash Flow* ou, em português, fluxos de tesouraria [unidade monetária]

CF_0 – *Cash Flow* do ano zero [unidade monetária]

CO_2 – Dióxido de Carbono [-]

COP – Coeficiente de desempenho ou, em inglês, *coefficient of performance* [-]

D – Diâmetro [m]

d – Taxa de Rentabilidade, também conhecida com Taxa de Custo (de oportunidade) do Capital (K_c) ou Taxa de Desconto, Atualização ou Juro [%]

DPB – *Discounted PayBack* ou, em português, tempo de retorno atualizado ou Período de Recuperação do Capital Investido Atualizado (PRC) [anos]

DPI – Densidade de Potência de Iluminação [$(\text{W}/\text{m}^2)/100 \text{ lux}$]

E – Iluminância [lux]

E_{ff} – Eficiência da Caldeira de Condensação Correspondente a uma Determinada PLR [%]

E_m – Iluminância Média [lux]

$E_{S,i}$ ou $T_{S,i}$ – Consumo de Energia por fonte de energia i para os usos do tipo S ou para os usos do tipo T [kWh/ano]

F – Valor Futuro [unidade monetária]

F_f – Fator de Sombreamento por Elementos Verticais Adjacentes ao Envidraçado (palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício) [-]

F_h – Fator de Sombreamento do Horizonte por Obstruções Longínquas Exteriores ao Edifício ou por Outros Elementos do Edifício ou Edifícios Vizinhos [-]

F_o – Fator de Sombreamento por Elementos Horizontais Sobrejacentes ao Envidraçado (palas, varandas, etc.) [-]

$F_{pu,i}$ – Fator de Conversão de Energia Útil para Energia Primária [$\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$]

F_s – Fator de Obstrução dos Vãos Envidraçados [-]

g – Fator Solar [-]

GD – Número de Graus-Dia [$^{\circ}\text{C}$]

G_{sul} – Energia Solar Média Mensal Durante a Estação de Aquecimento (inverno) recebida por uma superfície vertical orientada a sul [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{mês})$]

g_T – Fator Solar Global [-]

g_{Tvc} – Fator Solar do Vão Envidraçado com Vidro Corrente e Dispositivos de Proteção Solar Permanentes ou Móveis Totalmente Ativados [-]

I – Intensidade Luminosa [cd]

I_0 – Investimento Inicial ou Custos de Investimento Inicial (ano 0) [unidade monetária]

IEE – Indicador de Eficiência Energética [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$]

$IEE_{ef \text{ ou } pr \text{ ou } ref}$ – Indicador de Eficiência Energética Efetivo ou Previsto ou Referência [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$]

$IEE_{ren \text{ ou } S \text{ ou } T}$ – Indicador de Eficiência Energética Parcial que representa a produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energia renovável destinada a autoconsumo e efetivamente utilizada no edifício ou passível de o ser ou que representa os consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício ou que representa os consumos de energia que não são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$]

IR – Índice de Rendibilidade ou Razão Benefício-Custo ou, em inglês, *Benefit-Cost Ratio* (BCR) [-]

I_{sol} – Energia Solar Acumulada Durante a Estação de Arrefecimento (verão) recebida na horizontal e em superfícies verticais [kWh/m^2]

I_t – Inércia Térmica Interior [kg/m^2]

IVA – Taxa de Imposto sobre o Valor Acrescentado [%]

K_{CP} – Taxa de Custo do Capital Próprio ou de Retorno Exigida pelos Acionistas [%]

K_D – Taxa de Custo do Endividamento ou de Retorno Exigida pelos Credores [%]

L – Altura [m]

L_v – Duração da Estação de Arrefecimento (verão) [meses]

M – Duração da Estação de Aquecimento (inverno) [meses] ou Taxa de Metabolismo dos Ocupantes ou Nível de Atividade Metabólica [met]

M_{AQS} – Consumo Médio Diário de AQS [litros]

n ou t – Duração do Projeto de Investimento [anos]

$N_{ic \text{ ou } vc}$ – Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento ou Arrefecimento [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$]

η_k ou $\eta_{n,k}$ – Rendimento ou Eficiência do Sistema k que serve o uso n (n – aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente, humedificação e desumidificação, produção de AQS) [%]

η_{RC} – Rendimento do Sistema de Recuperação de Calor [%]

N_{tc} – Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária [kWh_{EP}/(m²·ano)]

η_{tot} – Rendimento Total de Funcionamento dos Ventiladores [%]

O – Fluxo Luminoso [lm]

O₂ – Oxigénio [-]

P – Valor Presente ou Valor Atual (VA) [unidade monetária] ou Pressão [Pa]

P_{atm} – Pressão Atmosférica [atm]

P_d - Pé-Direito [m]

P_k – Potência Absorvida pelo Equipamento (na iluminação, ventilação, recirculação de ar, elevadores, etc.) [kW]

PLR – *Boiler Partload Ratio*, ou, em português, Carga em que a Caldeira se Encontra a Operar [%]

PRC – Prémio de Risco de Crédito (*spread*) [%]

PRM – Prémio de Risco de Mercado [%]

P_v – Potência Elétrica Nominal dos Ventiladores [W]

P_w – Pressão Exterior numa Fachada ou Cobertura (efeito da ação do vento) [Pa]

Q – Caudal Médio em Funcionamento de sistemas de produção de energia elétrica com base em mini-hídricas [m³/s]

Q_a – Necessidades de Energia Útil ou Energia Global Necessária para a Preparação de AQS [kWh/ano]

Q_{AN} – Caudal (Mínimo) de Ar Novo [m³/h]

q_{geo} – Caudal de Água ou Fornecido pelo Aquífero Termal de sistemas de aproveitamento de energia geotérmica para climatização e/ou preparação de AQS

Q_{pr} – Perdas Estáticas de Termoacumuladores [kWh/24h]

r – Fator de Redução da Massa Superficial Útil [-]

R – Receitas ou Benefícios ou Poupanças ou Remunerações [unidade monetária]

R – Resistência Térmica do Revestimento Superficial Interior (e de uma eventual caixa de ar existente) [(m²·°C)/W]

R_f – Resistência Térmica de Todas as Camadas do Pavimento (à exceção das resistências superficiais) [(m²·°C)/W]

r_f – Taxa Isenta de Risco ou, em inglês, *risk free* (Euribor) [%]

R_j – Resistência Térmica do Material ou Camada j [(m²·°C)/W]

r_M – Retorno Esperado do Mercado ou simplesmente Retorno do Mercado [%]

R_{ph} – Taxa Nominal Horária de Renovação do Ar Interior ou Taxa de Renovação Horária Nominal [h⁻¹]

$R_{ph,v}$ – Taxa Nominal De Renovação do Ar Interior na Estação de Arrefecimento (Verão) [h^{-1}]
 $R_{se \text{ ou } si}$ – Resistência Térmica Superficial Exterior ou Interior [$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$]
 R_w – Resistência Térmica da Parede (à exceção das resistências superficiais) [$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$]
 SFP ou P_{SFP} – *Specific Fan Power*, em português, Potência Específica [$W/(m^3/S)$]
 SPB – *SimplePayBack*, em português, Período ou Tempo de Retorno Simples (PRS) ou Período de Recuperação do Capital Investido (PRC) [anos]
 SPF – Fator Médio de Desempenho Sazonal (*Seasonal Performance Factor*, em inglês) das BC de sistemas de aproveitamento de energia renovável aerotérmica e geotérmica [-]
 T_{db} – Temperatura Exterior de Bolbo Seco (*drybulb*) [$^\circ C$]
 T_{dp} – Temperatura Exterior de Orvalho (*dewpoint*) [$^\circ C$]
 tg^{-1} – Arco Tangente [$^\circ$]
 TIR – Taxa Interna de Rentabilidade ou, em inglês, *Internal Rate of Return* (IRR) [%]
 t_{IRC} – Taxa de Imposto (IRC ou imposto sobre o rendimento das pessoas coletivas) [%]
 T_w – Temperatura da Água à Saída da Caldeira [$^\circ C$]
 U – Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]
 U_w – Coeficiente de Transmissão Térmica de Elementos Envidraçados [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]
 V – Volume do Edifício ou do Espaço Ventilado [m^3]
 VAL – Valor Atual Líquido ou Valor Presente Líquido (VPL) ou, em inglês, *Net Present Value* (NPV) [unidade monetária]
 V_f – Caudal de Ar Médio Diário Escoado através do Ventilador [m^3/h]
 z – Altitude ou Profundidade Média Enterrada da Parede [m]
 α – Ângulo do Horizonte [$^\circ$] ou Coeficiente de Absorção da Radiação Solar da Superfície do Elemento da Envolvente Opaca [-] ou Coeficiente ou Fator de Atualização [-]
 β – Coeficiente de Risco Sistemático [-]
 ΔP – Perda de Carga ou Diferença de Pressão Exercida na Envolvente (efeito da impulsão térmica) ou Diferença de Pressão Total do Ventilador [Pa]
 ΔT – Aumento de Temperatura Necessário para a Preparação de AQS [$^\circ C$]
 ε – Rendimento Nominal do Permutador de sistemas de aproveitamento de energia geotérmica para climatização e/ou preparação de AQS [-]
 ε_v – Eficácia de Ventilação ou Eficácia de Remoção de Poluentes [-]
 $\theta_{ext,v \text{ ou } ext,i}$ – Temperatura Média Exterior Correspondente à Estação de Arrefecimento (verão) ou do Mês Mais Frio da Estação de Aquecimento (inverno) [$^\circ C$]
 ϕ – Eficiência Térmica [%]

1. Introdução

1.1. Contextualização

Desde muito cedo que o conceito de eficiência energética (EE) e o setor dos edifícios “andam de mãos dadas”, devido ao elevado consumo de energia associado a este setor. (Araújo, Almeida and Bragança, 2013) Em 1990 é dado o primeiro passo na legislação nacional, no sentido da conservação de energia nos edifícios, com a aprovação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), pelo decreto-lei número 40/90 de 6 de Fevereiro. (Ministério das Obras Públicas, 1990) Este regulamento promovia a melhoria das condições de conforto térmico nos edifícios, sem acréscimo do consumo de energia, o que só é possível pela intervenção na conceção do projeto e na construção dos edifícios. (Ministério das Obras Públicas, 1990)

Outras diretivas não especificamente dirigidas para o setor dos edifícios, por exemplo a diretiva 93/76/CEE, já abordavam em 1993 a utilização da energia de forma “mais eficaz” (Conselho, 1993) e a utilização prudente e racional dos recursos naturais, tendo sido adotado o programa Save com esses propósitos. (Conselho, 1993) O objetivo deste programa consistia na limitação das emissões de dióxido de carbono (CO₂), através do aumento da eficácia energética. Cedo se percebeu que passaria pela certificação energética dos edifícios e pelas inspeções dos equipamentos existentes nestes. (Conselho, 1993) Mesmo antes de 1993, as diretivas 89/106/CEE, 92/42/CEE e 92/75/CEE, relativas, respetivamente, aos produtos de construção, ao rendimento de caldeiras e à rotulagem de produtos, alertavam para a poupança de energia, para a racionalização de consumos, para a promoção da EE e para a proteção do ambiente. (Conselho, 1988, 1992a, 1992b)

Desde de então várias iniciativas têm sido desenvolvidas com o objetivo de reduzir o consumo de energia, como é exemplo o Plano de Ação para a Eficiência Energética. Segundo este plano, o potencial europeu de redução dos consumos nos três principais setores é da ordem dos 30%, 25% e 26% para os edifícios (uso comercial), a indústria e os transportes, respetivamente; sendo o setor dos edifícios o que apresenta um potencial superior. (Europa, 2008; Europeias, 2006) Este potencial pode reduzir em mais de 11% o consumo final total de energia na União Europeia (UE). (Europa, 2008; Europeias, 2006) Atualmente, o Plano de Ação para a Eficiência Energética vigente em Portugal é o PNAEE 2016 (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética). Dados de 2011 relativos a 2009 demonstram que 13% do consumo de energia final da UE corresponde ao setor dos serviços e 27% ao setor doméstico, o que representa 143,3 Mtep e 294,3 Mtep, respetivamente. (Commission, 2013; Energy, D.-G. for and Energy, 2011) Dados de 2013 relativos a 2011 indicam que o padrão de consumo de energia final do setor doméstico, no período compreendido entre 1990 e 2011, em média, foi de 280 Mtep. (Commission, 2013; Energy, D.-G. for and Energy, 2011) Em 1996 verificou-se um pico de 305 Mtep e um decréscimo, depois de 2006, após o qual o consumo só voltou a ultrapassar os 300 Mtep em 2010, mas logo a seguir voltou a diminuir. (Commission, 2013; Energy, D.-G. for and Energy, 2011) O setor dos serviços, no espaço de 19 anos (1990 a 2009), aumentou o seu consumo final de energia em quase 50 Mtep. (Energy, D.-G. for and Energy, 2011) Ambos os setores apresentam um perfil de consumo com oscilações, sendo que o setor dos serviços apresenta um maior crescimento do que o setor doméstico que é mais estável. Juntos representam 405 Mtep do consumo de energia final da UE. (Energy, D.-G. for and Energy, 2011) O setor dos edifícios, no qual se combina o setor doméstico e o setor dos serviços, é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% (27% mais 13%) da energia final em toda a Europa (valor em possível aumento) e 36% das emissões de CO₂. (Energia, 2014a; Energy, D.-G. for and Energy, 2011; Europa, 2008; Europeias, 2006) Na UE, o ano de 2010 representa o pico de consumo de energia final para o

setor dos edifícios (459,9 Mtep) e, apesar de em 2011 ter existido uma redução relativamente a 2010 (46,7 Mtep) e a 2009 (24,4 Mtep), ainda não se atingiram os valores de 2000 (407,9 Mtep) e 1995 (395,5 Mtep). (Commission, 2013) Dados recentes de 2013 relativos a 2011, estimam que em Portugal o consumo de energia final do edificado seja de 26,7%, o que corresponde a 4,6 Mtep. (Commission, 2013) Este valor é o valor mais baixo desde 2005, ano a partir do qual o perfil de crescimento, assistido desde 1995, foi substituído por um perfil de redução. (Commission, 2013) Em 2012 o consumo de energia final do edificado em Portugal foi de 4,5 Mtep, o que perante um total de 15,6 Mtep, corresponde a 29%. (ADENE, [s.d.]) Ou seja, de 2011 para 2012 este consumo diminuiu mas a relação percentual aumentou, justificando-se através da redução mais acentuada nos setores dos transportes e da indústria. Esta redução deve-se ao impacto da crise económica no setor dos transportes (opção pelo transporte público, por exemplo) e das auditorias energéticas no setor industrial (resultados mais promissores do que no setor dos edifícios).

Em 2005, os edifícios do setor terciário (serviços) na Europa apresentaram um consumo de energia de 157 Mtep. (Europa, 2008; Europeias, 2006) Deste consumo previa-se que, a manter-se o estado do setor energético da altura, em 2020 este seria de 211 Mtep. (Europa, 2008; Europeias, 2006) Também se previa que o potencial de poupança de energia em 2020, “comparativamente às previsões de consumo de energia para 2020” (Europa, 2008), será de 63 Mtep; o que corresponde a um potencial total de poupança de 30%. (Europa, 2008; Europeias, 2006)

Da resolução do conselho de ministros número 169, de 24 de Outubro de 2005, (que revoga as resoluções número 63 e 68, de 28 de Abril e de 10 de Maio de 2003, respetivamente), surge a importância de definir uma estratégia de desenvolvimento sustentável do país (Portugal). (Ministros, 2005) Esta estratégia defende a integração da articulação, de modo estreito, da política energética com a política ambiental, de forma a incutir um desenvolvimento sustentável centrado na redução da dependência energética face ao exterior: no aumento da EE, na redução das emissões de CO₂, na redução do custo de energia e no aumento da qualidade de serviço. (Ministros, 2005) Facilmente se compreende que esta estratégia, inevitavelmente, se encontra associada a uma estratégia nacional para a energia. (Ministros, 2005) O aumento da EE e a redução das emissões de CO₂ possuem especial destaque para o âmbito do presente projeto, uma vez que o setor dos edifícios tem peso significativo nestes dois objetivos da estratégia de desenvolvimento sustentável nacional. Atualmente, a resolução do conselho de ministros número 20 de 10 de Abril de 2013 é a resolução em vigor. Esta revoga as resoluções do conselho de ministros número 80, de 20 de Maio de 2008, e 29, de 15 de Abril 2010, que por sua vez alteram e revogam a resolução número 169, de 24 de Outubro de 2005.

Segundo dados recentes, entre 2000 e 2012 a dependência energética em Portugal, em média, foi de 83%, ou seja, nestes 12 anos, 83% do consumo de energia primária de Portugal foi garantido por importações de recursos energéticos. (ADENE, [s.d.]) Entre 2000 e 2004 a dependência manteve-se praticamente constante (85%), tendo em 2005 ocorrido o valor mais elevado, desde 2000, até aos dias de hoje (89%). (ADENE, [s.d.]) Em 2006 deu-se um decréscimo (84%) e desde aí, até 2008, a dependência energética manteve-se, aproximadamente, constante. (ADENE, [s.d.]) A partir de 2009 a dependência começou a diminuir, atingindo o valor de 76% em 2010 (valor mais baixo desde então). (ADENE, [s.d.]) Apesar deste comportamento, em 2011 a dependência energética aumentou para 79% e manteve-se constante em 2012. (ADENE, [s.d.]) De 2012 para 2013 deu-se uma forte descida da dependência energética (redução de 7,9%), que se deveu, principalmente, aos contributos dos recursos energéticos de origem renovável (hídrica e eólica, fundamentalmente). (DGEG, 2013) Tendo em conta esta evolução e apesar da redução ocorrida entre 2012 e 2013, é notoriamente assustador o cenário e os valores elevadíssimos de dependência energética nacional. Além de a elevada dependência energética influenciar os custos de energia, a segurança no fornecimento de energia, o desenvolvimento económico e a competitividade, é importante salientar o seu impacto nas alterações climáticas. A dependência energética que se tem vivido nos últimos anos é expressa quase na sua totalidade em combustíveis fósseis. (Ministros, 2005; Rodrigues, 2011) Em 2013, por exemplo, a importação

de recursos energéticos de origem fóssil rondou os 85% do total das importações (69% petróleo e 17% gás natural) e este é o panorama vivido ao longo de anos anteriores. (DGEG, 2013; Estatística, 2013) A utilização de combustíveis fósseis é uma das principais causas das emissões para a atmosfera de CO₂, o mais significativo dos gases com efeito de estufa (GEE). (Ministros, 2005) Atualmente, o índice de CO₂ na atmosfera é de 700 bilhões de toneladas, aumentando anualmente, aproximadamente, 6 bilhões de toneladas. (Curado, 2003) A grande dependência energética e a elevada intensidade energética do produto interno bruto (PIB) - uma das maiores da união europeia - fazem com que Portugal tenha de enfrentar importantes desafios no domínio energético. (Ministros, 2005) O problema da dependência energética sente-se, também, a nível europeu, importando a Europa, anualmente, “421 mil milhões de euros em combustíveis fósseis”. (Energia, 2014b)

O elevado crescimento do consumo de energia em Portugal deve-se ao progresso socioeconómico, mas também à “elevada ineficiência energética induzida pelo crescimento dominante dos consumos nos setores doméstico, dos serviços e dos transportes”. (Ministros, 2005) Estes dois grandes setores, edifícios (doméstico e serviços) e transportes, são os protagonistas das mais altas taxas de crescimento dos consumos; sendo que aos edifícios correspondia mais de 60% de toda a eletricidade consumida na UE, em 2010. (Commission, 2012; Ministros, 2005) Posto isto, torna-se óbvio que a solução para um desenvolvimento sustentável passa pelo setor dos edifícios.

“Nas últimas décadas, o planeta sofreu várias alterações que levaram o mundo a uma séria crise ambiental” – alterações climáticas, aquecimento global, aumento das emissões de GEE, entre outros problemas. (Araújo *et al.*, 2013) Ao longo dos anos, a comunidade científica tem vindo a discutir quais as causas destes problemas e, nos dias de hoje, é de acordo comum que as principais são: a produção e a utilização da energia. (Araújo *et al.*, 2013) Assim, a sensibilização ambiental também se encontra no centro desta temática, uma vez que o uso da energia, particularmente no diz respeito às fontes utilizadas e à sua eficiência, é uma das principais causas das alterações climáticas. (Araújo *et al.*, 2013) As alterações climáticas consistem num dos maiores desafios ambientais e económicos que a humanidade enfrenta, pois afetam os ecossistemas, a qualidade da água, a saúde humana e as atividades económicas. (Curado, 2003) Como resposta ao aumento da temperatura global no século XXI (aumento de 2°C), consequência das crescentes emissões de GEE induzidas pelo Homem, foram criadas metas de redução destas emissões para 2020 e 2050. (Christensen and UNEP, 2012; Hermelink, 2014) Fruto dos objetivos 20-20-20 e do roteiro referência para uma economia de baixo carbono competitiva, até 2020 a UE comprometeu-se em reduzir 20% e até 2050 entre 80 a 95%, respetivamente, ambas as percentagens relativamente a 1990. (Hermelink, 2014) Como meta intermédia do roteiro referência para uma economia de baixo carbono competitiva, até 2030, as emissões de GEE devem sofrer uma redução entre 37 a 53%, também relativamente a 1990. (Hermelink, 2014) As metas de redução no âmbito de uma economia de baixo carbono competitiva representam reduções das emissões de GEE domésticas, ou seja, específicas no setor dos edifícios. (Mansoor *et al.*, 2013) Os objetivos 20-20-20, além da redução de 20% das emissões de GEE, consistem também no aumento de 20% da porção de energia proveniente de fontes de energia renovável (FER), no consumo final bruto, e na redução de 20% do consumo de energia primária até 2020, sendo este último consequência direta do aumento da EE (possivelmente de 20%) e relativo à projeção do consumo para 2020 (*Baseline*2007, modelo PRIMES). (Mansoor *et al.*, 2013; Ministros, 2013) Para que a porção de energia proveniente de FER no consumo total aumente 20% até 2020, em Portugal este valor terá de ser 31% do consumo total até 2020. (Conselho, 2009a, 2010a) Com a meta dos objetivos 20-20-20, o consumo de energia na UE em 2020 não pode ser superior a 1474 Mtep de energia primária ou 1078 Mtep de energia final. (Conselho, 2012) Os edifícios oferecem a possibilidade de atuar diretamente na expansão da utilização de fontes de energia renovável e limpa, como também da eficiência energética na utilização de energia e indiretamente ao nível da redução das emissões (fruto do incremento da EE e, consequente, racionalização de consumos). (Curado, 2003) Ou seja, os edifícios

podem ser o suporte de sistemas de energia renovável e ser concebidos para que o consumo de energia seja reduzido, o que, consequentemente, leva à redução das emissões. (Curado, 2003)

Assim, a aposta na racionalização de consumos e no aumento da EE, no setor dos edifícios, é também fundamental para que sejam satisfeitas as metas relativas aos objetivos energéticos e às alterações climáticas para 2020, como também para levar avante a agenda de descarbonização para 2050. (Mansoor *et al.* 2013) Sendo o fator mais importante para a sustentabilidade deste setor a relação dos edifícios com a utilização de energia, o desenvolvimento sustentável também é influenciado positivamente pela diminuição dos consumos e pelo aumento da EE. (Curado, 2003) A temática racionalização de consumos, quando encarada na generalidade dos setores consumidores e dos combustíveis consumidos, também toma a sua importância perante as previsões de crescimento populacional. Desde 1994 que a população mundial teve um aumento de 5,7 para 7,2 mil milhões (valores aproximados) e prevê-se que em 2050 possa atingir 9,6 mil milhões de pessoas. (UN, 2014) O crescimento populacional agrava, e agravará, o consumo de recursos em termos globais, uma vez que aliado a este crescimento os países em vias de desenvolvimento estão a viver um explosivo progresso que não vai ao encontro do desenvolvimento sustentável. (Curado, 2003) O progresso destes países não lhes pode ser negado, uma vez que a energia é uma das necessidades básicas humanas e sem ela a qualidade de vida não seria mais elevada do que o nível de subsistência (uma realidade em certos países), mas podem-se desenvolver estratégias de energia com transferência de tecnologia entre os países desenvolvidos e os em vias de desenvolvimento. (Curado, 2003) Perante este ponto de convergência entre o interesse particular e o interesse coletivo, só a mudança de comportamento das sociedades no sentido da sustentabilidade conseguirá anular este impacto, que poderá ser nefasto para todas as formas de vida existentes no planeta Terra. (Curado, 2003) “Uma sociedade sustentável é aquela que pode manter a sua existência no tempo sem ameaçar, pelas suas ações, a existência de todos os outros formulários da vida” e as gerações vindouras. (Curado, 2003) “Sustentabilidade implica que não deve haver nenhuma poluição irreversível, nem exploração abusiva de recursos finitos”, para que seja assegurado um futuro seguro. (Curado, 2003)

Os setores dos edifícios e dos transportes representam uma grande sensibilidade devido à sua componente social, a qual está relacionada com questões de conforto e bem-estar das populações. Neste sentido, a própria legislação impõe que todas as “medidas destinadas a melhorar o desempenho energético dos edifícios deverão ter em conta as condições climáticas e locais, bem como o ambiente interior e a rentabilidade económica”. (Conselho, 2002) Também a acessibilidade, as regras da boa arte e a utilização prevista do edifício, devem ser tidas em conta. (Conselho, 2002) Esta sensibilidade, acoplada às taxas elevadas de crescimento dos consumos destes setores, revela-se um desafio à política energética.

A literatura referente a este tema, legislação maioritariamente, dá ênfase ao caráter pioneiro e ao exemplo que os edifícios, cujo proprietário são autoridades públicas, representa para o restante edificado. Entende-se a importância do papel destas autoridades, uma vez que estas representam o país e todos os seus cidadãos e, assim, poderão revelar-se um forte incentivo a esta temática ao dar o exemplo de boa conduta, principalmente, aqueles edifícios que vierem a ser construídos e aqueles que venham a sofrer grandes obras de renovação. (Conselho, 2009a, 2010a) Mas esta ênfase também se prende com o facto de os organismos públicos serem proprietários de uma parte considerável do parque imobiliário e, também, com o facto de o volume total de despesas (todos os setores) destes organismos representar 19% do PIB da UE. (Conselho, 2012) Tendo em conta esta percentagem, o estímulo à EE no setor público pode representar um grande potencial de redução de consumos e, consequentemente, de redução das emissões de CO₂. (Conselho, 2012)

Tendo em conta o elevado consumo dos edifícios do setor terciário e o novo pacote legislativo relativo ao desempenho energético e à certificação energética dos edifícios, o presente trabalho surge como um ensaio, visando a análise da viabilidade técnica e económica de medidas que promovam a eficiência

energética nos edifícios de serviços. Esta análise será realizada sob dois prismas de atuação: um mais imediato - ótimo económico - e outro numa perspetiva de médio prazo – NZEB (*NetZeroEnergy Buildings* ou, em português, Edifícios com Necessidades Líquidas Nulas de Energia).

1.2. Objetivos Gerais

Os objetivos gerais do presente trabalho de projeto prendem-se no desenvolvimento, no âmbito da simulação dinâmica, de uma metodologia de levantamento de informação e de caracterização de edifícios, na construção e validação de um modelo energético simplificado do edifício em estudo e, por fim, na hierarquização de soluções de reabilitação energética analisadas no contexto ótimo económico, bem como no contexto NZEB. Pretende-se, assim, reunir um conjunto de informação que possa servir de guia ao levantamento de informação de edifícios e, posterior, caracterização dos mesmos, caracterizar e modelar o edifício em estudo e analisar um conjunto de propostas de melhoria do seu desempenho energético.

1.3. Revisão Bibliográfica

1.3.1. Legislação Aplicável

Quando se fala de reabilitação energética de um edifício universitário, intrinsecamente, fala-se de reabilitação energética de um edifício de comércio e serviços, mais concretamente, fala-se de um grande edifício de comércio e serviços (GES).

Atualmente existe um conjunto de diretivas europeias, que de alguma forma, se encontram relacionadas com a temática dos edifícios. A diretiva 2006/32/CE de 5 de Abril de 2006, relativa à eficiência energética na utilização final de energia e aos serviços energéticos; a diretiva 2009/28/CE de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de FER; a diretiva 2012/27/UE de 25 de Outubro de 2012, relativa à eficiência energética. (Conselho, 2006, 2009a, 2012) Também a Diretiva relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (DDEE) ou, em inglês, *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD), juntamente com o decreto-lei relativo ao Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), fazem parte deste pacote legislativo. (Conselho, 2010a; Emprego, 2013a) Estes últimos têm especial destaque, uma vez que representam a principal legislação aplicável ao desempenho energético dos edifícios e, portanto, estão relacionados com a reabilitação energética dos mesmos. (Conselho, 2010a; Emprego, 2013a) Segundo a atual EPBD, o desempenho energético de um edifício consiste na “energia calculada ou medida necessária para satisfazer a procura de energia associada à utilização típica do edifício, que inclui, nomeadamente, a energia utilizada para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação”. (Conselho, 2010a)

Em Portugal, a legislação aplicável ao desempenho energético dos edifícios surgiu em 2002 com a publicação e entrada em vigor, a 4 de Janeiro de 2003, da diretiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro, também referida como EPBD. (Conselho, 2002) Com esta diretiva pretendeu-se “promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na UE”. (Conselho, 2002) Para tal, o cálculo do desempenho energético dos edifícios dá importância a outros fatores para além do isolamento térmico, tais como as instalações de aquecimento e ar condicionado, a existência de FER e a conceção do próprio edifício. (Conselho, 2002) Os edifícios novos são obrigados a cumprir um conjunto de requisitos mínimos relativos ao desempenho energético, de forma a minimizar o impacto deste no consumo de energia e a maximizar o mesmo. (Conselho, 2002) Os edifícios

existentes que sejam sujeitos a renovações, quando estas atinjam o limiar de aplicação da diretiva em causa (grandes obras de renovação), representam uma oportunidade de melhoria do desempenho energético dos mesmos; para este caso específico e quando os edifícios apresentam uma dimensão superior ao limiar imposto pela EPBD (1000 m² de área útil total), devem cumprir requisitos mínimos. (Conselho, 2002) É, também, salientada a importância da certificação energética regular dos edifícios públicos e dos edifícios frequentemente visitados pelo público, a título de exemplo para os restantes edifícios. (Conselho, 2002) Assim, como a realização de manutenção e inspeções frequentes de caldeiras e de sistemas de ar condicionado, para que estes se encontrem sempre corretamente regulados. (Conselho, 2002)

O decreto-lei número 78, de 4 de Abril de 2006, surge na sequência da EPBD como o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. (Inovação, 2006) Também para este sistema, o aumento da racionalização dos consumos energéticos e da eficiência energética, nos edifícios, são os objetivos da sua aplicação. (Inovação, 2006) O SCE apresenta o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE); decreto-lei número 79, de 4 de Abril de 2006, e decreto-lei número 80, de 4 de Abril de 2006, respetivamente. (Ministério das Obras Públicas, 2006a, 2006b) Com estes regulamentos, a análise energética é claramente dividida em duas partes: a análise dos sistemas técnicos dos edifícios - RSECE - e a análise dos edifícios e seus elementos construtivos - RCCTE. Este RCCTE altera e substitui o RCCTE aprovado pelo decreto-lei número 40/90 de 6 de Fevereiro de 1990. (Ministério das Obras Públicas, 2006b)

Atualmente, o principal instrumento legislativo para a redução do consumo de energia nos edifícios é a diretiva 2010/31/EU de 19 de Maio de 2010, em vigor desde Julho de 2010. (Energy, E. C. D.-G. for, [s.d.]) Esta diretiva foi adotada como reformulação da diretiva 2002/91/CE. (Conselho, 2010a) Os objetivos desta revisão consistem em clarificar e simplificar certas disposições, reforçar os requisitos de desempenho energético e estender o âmbito de aplicação da anterior EPBD (2002/91/CE). (Energy, E. C. D.-G. for, [s.d.]) À semelhança da anterior EPBD, a atual estabelece e aplica requisitos mínimos de desempenho energético aos edifícios novos e existentes, assegura a certificação energética dos edifícios e exige manutenção e inspeções regulares a caldeiras e a sistemas de ar condicionado existentes nos mesmos. (Energy, E. C. D.-G. for, [s.d.]) Adicionalmente, esta diretiva introduz o conceito de edifícios com necessidades líquidas nulas de energia ou, em inglês, *Net Zero energy Buildings* (NZEB). (Energy, E. C. D.-G. for, [s.d.]) Este conceito surge como resposta à tentativa de que, o número de edifícios que não se limitam a cumprir os requisitos mínimos de desempenho energético aumente. (Conselho, 2010a)

Com a revisão da EPBD, para o cálculo do desempenho energético dos edifícios, além do já referido *a priori* fatores como os sistemas de aquecimento e arrefecimento passivo, os sombreamentos, a qualidade do ar interior (QAI) e a luz natural adequada passam a ser incluídos. (Conselho, 2010a) Também o período abrangido por este cálculo tem nova importância, sendo necessário que corresponda a um ano. (Conselho, 2010a) O âmbito de aplicação dos requisitos mínimos relativos ao desempenho energético, anteriormente focado nos edifícios novos, passa a incluir também os edifícios existentes; quer sejam sujeitos a renovações, que se incluam no limiar de aplicação da EPBD (grandes obras de renovação), quer não o sejam. (Conselho, 2010a) A aplicação de requisitos mínimos a edifícios existentes sujeitos a renovações encontra-se condicionada, tal como na anterior EPBD, ao limiar relativo à renovação (grandes obras de renovação), mas com a revisão deixa de depender da dimensão do edifício. (Conselho, 2010a) Esta dependência na dimensão do edifício mantém-se quanto à aplicabilidade de requisitos mínimos aos edifícios existentes não sujeitos a renovações ou sujeitos mas fora do limiar imposto e é alargado esse limiar. (Conselho, 2010a) Edifícios construídos, vendidos ou arrendados e edifícios ocupados por autoridades públicas bem como frequentemente visitados pelo público, estes últimos com dimensão superior ao limiar imposto, devem ser certificados energeticamente, tal como na anterior EPBD. (Conselho, 2010a) Como referido anteriormente para os requisitos mínimos, com a revisão da diretiva o limiar de dimensão foi alargado no sentido de que

edifícios de menores dimensões e com as características anteriormente referidas sejam alvo de certificação energética. (Conselho, 2010a) A aplicabilidade e a regularidade das inspeções a sistemas de aquecimento e ar condicionado depende do limiar de potência nominal útil imposto e, no caso dos sistemas de aquecimento, do tipo de combustível utilizado; sendo que o limiar de potência útil foi alargado com a atual EPBD no sentido de que sistemas com menores potências sejam objeto de inspeção. (Conselho, 2010a) A substituição dos sistemas pode ser uma alternativa às inspeções e, assim sendo, ao abrigo da EPBD são fornecidas recomendações quanto à substituição destes equipamentos. (Conselho, 2010a)

Na anterior EPBD os requisitos mínimos de desempenho energético encontravam-se somente relacionados com os edifícios (novos e existentes; estes últimos quando atingiam o limiar imposto), na atual EPBD os componentes dos edifícios (Imagem 1) são sujeitos, adicionalmente, a requisitos mínimos quando estes são renovados ou substituídos ou instalados em edifícios novos. (Conselho, 2010a) Os componentes dos edifícios dividem-se em dois grupos: os elementos construtivos e os sistemas técnicos. (Conselho, 2010a) Conforme a Imagem 1 ilustra, as instalações de aquecimento e de ar condicionado são alguns dos sistemas técnicos que podem existir nos edifícios. (Conselho, 2010a) Como tal, têm de cumprir requisitos mínimos, quando aplicáveis, mas, como já foi referido, estas instalações são regularmente alvo de manutenção e inspeção. (Conselho, 2010a) Esta inspeção regular também se encontra sujeita a requisitos mínimos de desempenho energético. (Conselho, 2010a)

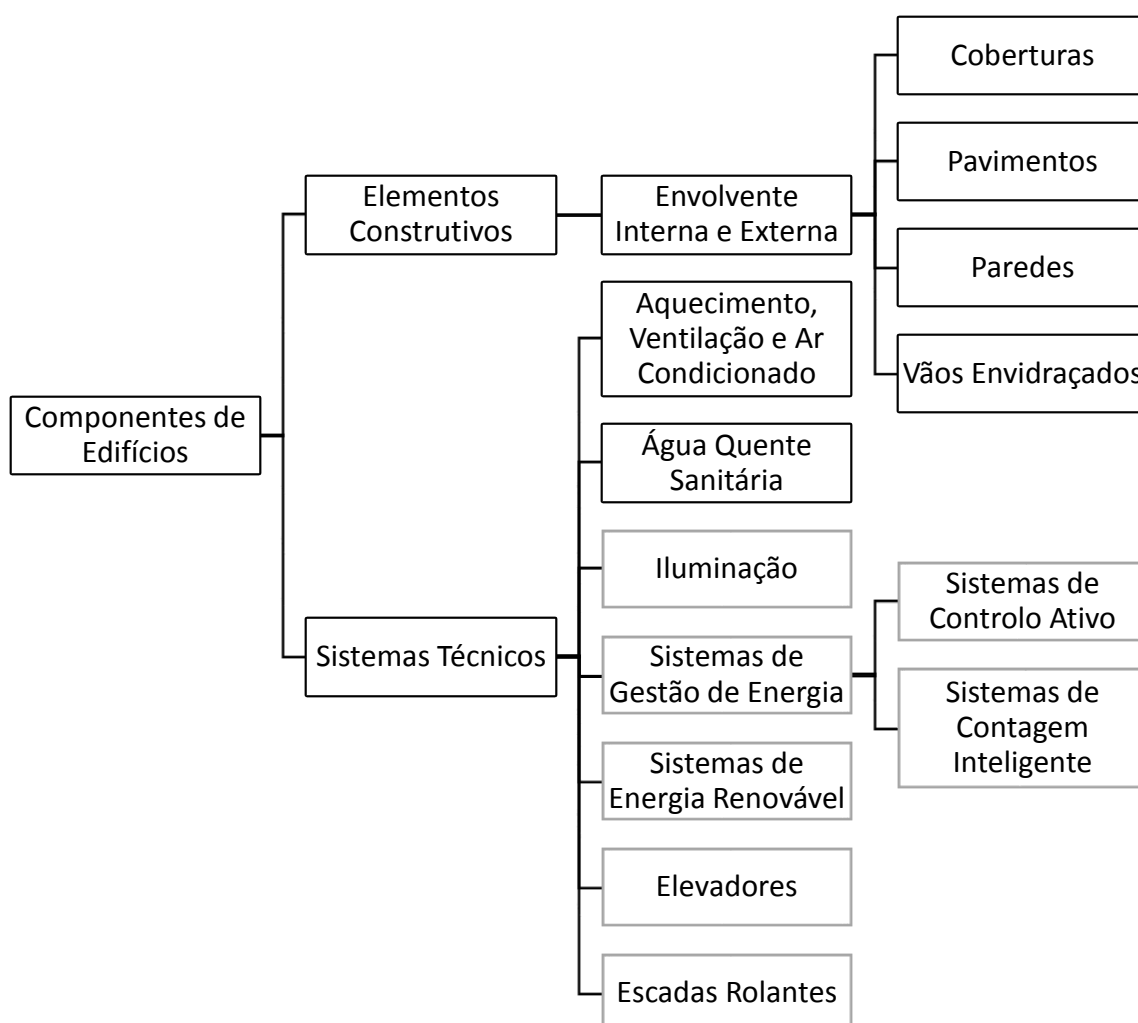


Imagem1 Componentes de Edifícios

Os sistemas técnicos além de serem sujeitos a requisitos de desempenho energético, tal como as inspeções a eles realizadas, também têm de cumprir requisitos relativos à sua instalação, dimensionamento, ajustamento e controlo. (Conselho, 2010a) Os sistemas de iluminação têm um peso maior nos edifícios não-residenciais e, por isso, quando se tratar destes edifícios pode ser pertinente incluir estes sistemas no conjunto dos sistemas técnicos dos edifícios. (Comissão, 2012) A atual EPBD ainda incentiva a introdução de sistemas de contagem inteligente e de sistemas de controlo ativo (automatização, controlo e monitorização) nos edifícios novos, aquando da sua construção, e em edifícios sujeitos a renovações (grandes obras de renovação). (Conselho, 2010a) Estes sistemas de gestão de energia, à semelhança dos sistemas de iluminação, devem ser tidos em conta na avaliação energética de edifícios de comércio e serviços, quando aplicáveis. (Conselho, 2010a) O mesmo para componentes de energias renováveis, elevadores e escadas rolantes. (Conselho, 2010a)

Os requisitos mínimos impostos pela EPBD encontram-se sujeitos a regulares revisões “em função do progresso técnico, como por exemplo a evolução em matéria de normalização”. (Conselho, 2002) Também o cálculo do desempenho energético e os níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos são dependentes do progresso técnico. (Conselho, 2010a) O conceito nível ótimo de rentabilidade, também mencionado como custo ótimo ou ótimo económico, é um outro novo conceito que a atual EPBD introduz e é definido como o desempenho energético que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico estimado do edifício ou do componente do edifício. (Conselho, 2010a) Os requisitos mínimos são estabelecidos para que o desempenho energético vá ao encontro deste nível ótimo. (Conselho, 2010a) Facilmente se percebe que esta relação energia-custo beneficia o desenvolvimento de uma economia de sucesso, que possui na sua base a conservação e a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, ou seja, a racionalização dos consumos de energia. (Curado, 2003)

A diretiva 2012/27/UE, de 25 de Outubro de 2012, estabelece que os grandes edifícios (área útil total superior a 500 m²) com necessidades de aquecimento e/ou arrefecimento detidos e ocupados por autoridades públicas devem renovar 3% da sua área construída total, sempre que se verifique o não cumprimento dos requisitos mínimos nacionais de desempenho energético fixados, no início de cada ano. (Conselho, 2012) Esta medida encontra-se em vigor desde Janeiro de 2014 e dá prioridade aos edifícios menos eficientes. (Conselho, 2012) No âmbito dos objetivos 20-20-20, esta diretiva estabelece também um quadro comum de medidas de promoção da EE. (Conselho, 2012) Esta diretiva vem alterar as diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE, relativas, respetivamente, aos requisitos de conceção ecológica de produtos e à rotulagem de produtos, e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE, relativas, respetivamente, à promoção da cogeração e à eficiência na utilização final de energia; sendo que estas diretivas já haviam alterado e revogado diretivas como a 92/42/CEE, a 92/75/CEE, a 93/76/CEE e a 2005/32/CE, esta última relativa aos requisitos de conceção ecológica de produtos. (Conselho, 1992a, 1992b, 1993, 2004, 2005, 2006, 2009b, 2010b)

A EPBD estabelece que os edifícios novos e existentes sujeitos a renovações (estes últimos quando atingiam o limiar imposto) instalem sistemas alternativos para o fornecimento de energia (eletricidade, calor e frio). (Conselho, 2010a) A Imagem 2 enumera alguns exemplos destes sistemas alternativos.

Sistemas Alternativos	Sistemas Descentralizados	Baseados em Fontes de Energia Renovável
	Co-geração	
	Redes Urbanas ou Coletivas de Aquecimento ou Arrefecimento	Baseados Total ou Parcialmente em Fontes de Energia Renovável
	Bombas de Calor	

Imagem2 Sistemas Alternativos para Fornecimento de Energia

Na anterior EPBD só os edifícios novos acima de determinada dimensão (1000 m² de área útil total) teriam de estudar a possível aplicação destes sistemas e não existia qualquer ambição nos edifícios existentes sujeitos a renovações relativamente a este tema. (Conselho, 2002) Com a atual diretiva o pressuposto quanto à dimensão dos edifícios novos e existentes sujeitos a renovações caiu e estes últimos edifícios são incentivados a considerar estes sistemas quando a renovação se encontra no limiar definido (grandes obras de renovação). (Conselho, 2010a)

O conceito de NZEB surge como uma meta a longo prazo, isto é, a atual EPBD estabelece que todos os edifícios que sejam construídos a partir de 2021 têm de ser considerados edifícios com necessidades líquidas nulas de energia. (Conselho, 2010a) O mesmo para edifícios ocupados e detidos por autoridades públicas que venham a ser construídos a partir de 2019. (Conselho, 2010a) A ambição nesta matéria tem como objetivo o aumento contínuo do número de edifícios considerados NZEB. (Conselho, 2010a) Assim o parque edificado deve progressivamente ser composto por edifícios com necessidades líquidas nulas de energia. Portanto, os edifícios existentes sujeitos a renovações, no limiar de aplicabilidade da EPBD, são incentivados a atingir este conceito e, possivelmente, serão os próximos a ter de cumprir este requisito. (Conselho, 2010a)

Com a revisão da legislação, os objetivos para os edifícios existentes, não sujeitos a obras de renovação, com dimensão superior ao limiar imposto pela EPBD continuam a focar-se na certificação energética. Com a revisão da EPBD são impostos a estes edifícios requisitos mínimos quanto à avaliação da eficiência dos seus sistemas técnicos, aos limiares de proteção de poluentes relativamente à QAI e à manutenção e, possível, instalação de sistemas técnicos. (Conselho, 2010a) Contudo quando comparados estes requisitos com aqueles que são impostos aos edifícios novos, percebe-se a lacuna na ambição desta abordagem. Verificando-se a atividade nacional de nova construção praticamente estagnada e tendo em conta que os edifícios existentes (sujeitos a renovações ou não, com dimensão superior ao limiar ou não) representam a maior parte do parque imobiliário e as potenciais economias de energia para o setor, é muito pouco ambicioso não serem criadas metas específicas para estes edifícios. (ecee, [s.d.]) De acordo com os Censos 2011 existem cerca de dois milhões de edifícios existentes a necessitar de recuperação, o que representa 34% do parque

habitacional nacional. (Ministério do Ambiente, 2014) Algum trabalho têm vindo a ser feito neste âmbito, porém Portugal encontra-se aquém da Europa com apenas 6,5% do total da atividade do setor da construção dirigida para a reabilitação em comparação com o valor médio europeu de 37%. (Ministério do Ambiente, 2014) É necessário encarar a reabilitação como um fator de melhoria das condições de habitabilidade, de desenvolvimento das cidades e da economia, capaz de gerar riqueza agora e no futuro. É necessário estimular o conceito de proteger o existente. (Ministério do Ambiente, 2014)

O decreto-lei número 118, de 20 de Agosto de 2013, por sua vez surge na sequência da atual EPBD como a revisão do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, agora denominado Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE). (Emprego, 2013a) O motivo pelo qual se deu a alteração do nome prende-se no facto de o atual SCE não mais impor auditorias de QAI. Contudo, continua a ser necessário cumprir requisitos legais de QAI. (Emprego, 2013a) Além das alterações ao nível da QAI o SCE atual introduz um novo técnico de certificação energética, o técnico de instalação e manutenção (TIM). (Emprego, 2013a) Este técnico distingue-se do perito qualificado (PQ) pelo seu papel ativo maioritariamente, tal como o nome indica, na instalação e manutenção do edifício e dos sistemas técnicos deste. (Emprego, 2013a) Também um novo certificado é introduzido, o pré-certificado (PCE). (Emprego, 2013a) Este tem caráter provisório, não devido à sua validade mas sim ao propósito de ser convertido em certificado SCE (CE). (Emprego, 2013a) Isto porque o PCE é emitido em fase de projeto, ou seja, antes da construção ou grande intervenção e o CE quando a obra é concluída. (Emprego, 2013a)

O atual SCE apresenta o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) num mesmo decreto-lei, o decreto-lei número 118. (Emprego, 2013a) Com estes regulamentos, a análise energética deixa de ser dividida em sistemas técnicos e no conjunto edifício e seus elementos construtivos passando a dividir-se nos dois grandes tipos de edifícios: edifícios de habitação e edifícios de comércio e serviços. (Emprego, 2013a) Isto não quer dizer que a certificação energética não leve em conta os componentes dos edifícios (sistemas técnicos e elementos construtivos), antes pelo contrário, por exemplo, quando existam sistemas de climatização individuais, além da certificação do edifício é necessário certificar os sistemas técnicos existentes. (Emprego, 2013a) Com estes regulamentos o conceito de edifício de comércio e serviços é estabelecido e, consequentemente, o conceito de grande edifício de comércio e serviços. (Emprego, 2013a) Este último consiste em edifícios de comércio e serviços com área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, piscinas cobertas, entre outros. (Emprego, 2013a) Para estes edifícios, GES, a validade dos certificados SCE é menor do que para os restantes casos habituais (6 e 10 anos, respetivamente). (Emprego, 2013a)

A revisão do SCE pretende melhorar aspetos que a aplicação prática do anterior sistema revelou serem passíveis de melhoria, como o nível de sistematização, o âmbito, a clareza e simplificação deste sistema. (Emprego, 2013a) Esta revisão é, naturalmente, muito semelhante à revisão da EPBD, seguindo o seu perfil de alterações.

1.3.2.Regulamentos e Normas

O regulamento número 244 de 16 de Janeiro de 2012, aplicável desde 9 de Janeiro de 2013 a edifícios ocupados por autoridades públicas e desde 9 de Junho de 2013 aos restantes edifícios, estabelece o quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e seus componentes. (Comissão, 2012)

Para o desenvolvimento de um quadro comparativo dos níveis ótimos de rentabilidade, foi necessária uma base com a qual comparar o edifício ou componente em análise. Para tal foram definidos edifícios referência. (Comissão, 2012) Assim, este regulamento estabeleceu regras para a comparação de medidas de melhoria (medidas de EE e medidas que recorrem a FER, por exemplo) com base no desempenho energético e no custo associados à aplicação destas mesmas medidas. (Comissão, 2012) Pela aplicação destas medidas aos edifícios referência foram definidos os níveis ótimos de rentabilidade. (Comissão, 2012) Medidas que estimulem a EE e o recurso a FER têm relevante importância, uma vez que no âmbito dos objetivos 20-20-20 foram assumidos compromissos de redução dos consumos energéticos e das emissões de GEE, como também de aumento da EE; fruto do incremento da porção de energia proveniente de FER no consumo total. (Conselho, 2009a, 2010a) Em suma, o quadro metodológico comparativo do presente regulamento permite a comparação dos resultados dos cálculos de otimização com os requisitos mínimos em vigor que por sua vez permite a aplicação de requisitos realistas e assegura que os níveis ótimos de rentabilidade são alcançados, com a aplicação desses requisitos. (Comissão, 2012)

Segundo este regulamento, o anexo I do regulamento número 305 de 2011 e a norma CEN (*Comité Européen de Normalisation*) número 15251 têm relevante importância quando se fala de medidas de eficiência energética e de medidas baseadas em fontes de energia renovável. (Comissão, 2012) O anexo apresenta requisitos básicos aplicáveis a obras de construção, relativos à saúde e segurança das pessoas. (Comissão, 2012) A norma apresenta níveis de QAI e de conforto no interior de edifícios, com os quais as medidas referidas devem ser compatíveis. (Comissão, 2012) Também o anexo A da norma EN (*European Normalization*) número 15459, relativa ao procedimento de avaliação económica de sistemas energéticos de edifícios, pode ser importante, nomeadamente, para a definição dos ciclos de vida económicos dos componentes de edifícios. (Comissão, 2012)

O anterior SCE apresenta o RSECE e o RCCTE, contudo já em 1990 e em 1998 foram aprovados estes regulamentos pelos decretos-lei número 40/90 (RCCTE) e 118/98 (RSECE). (Inovação, 2006; Ministério das Obras Públicas, 2006a, 2006b) Estes decretos-lei tiveram um importante papel na legislação nacional, uma vez que foram os primeiros instrumentos legais a ser impostos aos edifícios; com destaque para o RCCTE, decreto-lei número 40/90, que foi o primeiro. (Ministério das Obras Públicas, 1990; Ministério do Equipamento, 1998) Em 1992, o decreto-lei número 156/92 aprova o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RQSECE), mas não chega a ser aplicado e em 1998 é substituído pelo RSECE. (Ministério das Obras Públicas, 1992, 2006a) Entretanto, mais concretamente em 2006, o RCCTE de 1990 e o RSECE de 1998 são revistos e substituídos pelos decretos-lei número 79/2006 (RSECE) e 80/2006 (RCCTE). (Ministério das Obras Públicas, 2006a, 2006b) Esta revisão deveu-se principalmente à necessidade de se impor mecanismos e regras que permitissem melhorar o desempenho energético dos edifícios, dos seus sistemas e também a eficiência destes, garantir a QAI e comprovar a conformidade regulamentar com a criação de um SCE. (Ministério das Obras Públicas, 2006a, 2006b) Em 2013, com o decreto-lei número 118/2003, o RSECE e o RCCTE de 2006 são substituídos pelo REH e pelo RECS. (Emprego, 2013a) Estes novos regulamentos surgem com a revisão do SCE e alteram o padrão de avaliação energética focado nos sistemas técnicos e nos edifícios, para um padrão de avaliação que separa os edifícios de habitação dos edifícios de comércio e serviços. (Emprego, 2013a) Tendo em conta o tema a ser abordado, reabilitação energética de um edifício universitário, e sabendo que os edifícios universitários claramente são edifícios de comércio e serviços, mais concretamente GES, no âmbito do SCE o regulamento aplicável é o RECS.

Com o surgimento do REH e do RECS, a definição de requisitos e a avaliação de desempenho energético dos edifícios passa a basear-se nos pilares descritos na Tabela 1. (Emprego, 2013a)

Tabela1 Pilares do Desempenho Energéticos dos Edifícios

Edifícios		Pilares	
Edifícios de Comércio e Serviços	Edifícios de Habitação	Comportamento Térmico	
		Eficiência	Sistemas Técnicos
		Instalação	
		Condução	
		Manutenção	

A abordagem do RECS encontra-se dividida em edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes. (Emprego, 2013a) A cada um destes edifícios encontram-se associados os pilares descritos na Tabela 1 (correspondentes aos edifícios de comércio e serviços), como também a ventilação e a QAI. (Emprego, 2013a) Apesar dos sistemas de ventilação fazerem parte dos sistemas técnicos dos edifícios (Imagem 1) e assim a ventilação encontrar-se subentendida nos pilares referidos (Tabela 1), esta afeta a QAI e, por sua vez, este último “pilar” vai para além do que resumidamente é abordado na Tabela 1, por isso merecem o seu destaque.

Para cada um dos pilares referidos estão definidos princípios gerais, concretizados em requisitos específicos a serem cumpridos pelos edifícios. (Emprego, 2013a) Aqui serão abordados os requisitos específicos dos edifícios existentes, uma vez que o estudo prende-se em GES já existente. Mas também serão abordados os requisitos dos edifícios novos. Importa relembrar que a partir de 2019, todos os edifícios que venham a ser construídos para serem ocupados e detidos por autoridades públicas (edifícios universitários, por exemplo) estão sujeitos a um importante requisito da EPBD, terão de ser edifícios NZEB. Os requisitos específicos a serem cumpridos pelos edifícios encontram-se definidos nas portarias e despachos que compõem o pacote legislativo do SCE, bem como nas normas que o complementam.

Ao longo do RECS várias portarias, despachos e normas (algumas já mencionadas e outras na Tabela 4) são mencionadas como fundamentais na aplicação da EPBD e do SCE. O pacote legislativo do SCE é composto pelas portarias número 349-A, 349-B, 349-C, 349-D e a 353-A, como também pelos despachos número 15793-C, 15793-D, 15793-E, 15793-F, 15793-G, 15793-H, 15793-I, 15793-J, 15793-K e 15793-L. (Emprego, 2013b, 2013c, 2013d, 2013e, 2013f, 2013g, 2013h, 2013i, 2013j, 2013k; Ministério do Ambiente, 2013a, 2013b, 2013c; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) Deste conjunto de portarias e despachos, a Tabela 2 e a Tabela 3 apresentam as portarias e os despachos, respetivamente, mais relevantes para o presente projeto bem como o âmbito de aplicação destes.

Tabela2 Portarias para a Avaliação Energética de Edifícios

Número da Portaria	Âmbito
349-D	Comportamento Térmico e Eficiência dos Sistemas Técnicos
353-A	Ventilação e QAI

Tabela3 Despachos para a Avaliação Energética de Edifícios

Número do Despacho	Âmbito
15793-D	Fatores de Conversão entre Energia Útil e Energia Primária
15793-F	Comportamento Térmico
15793-G	Instalação, Condução e Manutenção dos Sistemas Técnicos
15793-H	Sistemas de Aproveitamento de Fontes de Energia Renovável
15793-I	Comportamento Térmico
15793-K	Comportamento Térmico
15793-L	Viabilidade Económica

A portaria número 349-D de 2013 é o elemento do pacote legislativo do SCE mais importante na aplicação dos requisitos específicos a serem cumpridos pelos edifícios de comércio e serviços. Esta portaria, também conhecida como a portaria do RECS, apresenta os requisitos de conceção para edifícios (de comércio e serviços) novos e sujeitos a grandes intervenções, como também os critérios de aplicabilidade do plano de racionalização energética (PRE). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Entenda-se que só os edifícios novos e sujeitos a grandes intervenções têm de cumprir os requisitos de conceção. Os critérios de aplicabilidade do PRE podem ser aplicados a edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e existentes. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Relativamente ao comportamento térmico ou qualidade térmica, os requisitos de conceção da portaria número 349-D de 2013 incidem nos valores máximos do coeficiente de transmissão térmica superficial (U) da envolvente opaca (paredes, coberturas, pavimentos, etc.) exterior e do fator solar (g) dos vãos envidraçados (janelas, portas, etc.). (Emprego, 2013a; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Assim, a envolvente opaca exterior e os vãos envidraçados dos edifícios novos e sujeitos a intervenções têm de apresentar, respetivamente, valores de U e g inferiores ou iguais ao valor máximo imposto. (Emprego, 2013a; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Quanto à eficiência dos sistemas técnicos, esta tem de no mínimo coincidir com o limite mínimo correspondente ao requisito de conceção mínimo imposto. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Assim, os sistemas técnicos abrangidos pela presente portaria têm de apresentar uma eficiência igual ou superior à imposta. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Para a ventilação e QAI são estabelecidos os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, tendo em conta a ocupação, as características do edifício e dos seus sistemas técnicos. (Emprego, 2013a) São também estabelecidos os limiares de proteção para as concentrações de poluentes no ar interior. (Emprego, 2013a) Os valores mínimos de caudal de ar novo e os limiares de proteção de poluentes no ar interior encontram-se descritos na portaria número 353-A (Tabela 2). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) Relativamente à instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos, pilares do desempenho energético de edifícios nos quais reside a maioria dos requisitos de conceção e também o maior nível de complexidade dos mesmos, pode-se considerar que os requisitos abrangem: a elaboração de projeto de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC); o limite da potência elétrica para aquecimento por efeito de Joule; a existência de reaquecimento terminal e respetivo limite; a existência de *freecooling* recuperação de calor e caudal variável com controlo por CO₂; o recurso à repartição de potência térmica de aquecimento;

a existência de pontos de monitorização dos parâmetros impostos; os limites mínimos das espessuras dos isolamentos de tubagens, condutas, acessórios, equipamentos e depósitos; a existência de barreira contra vapor; a existência de soluções para aproveitamento da energia solar térmica; a existência de mecanismos de prevenção do desenvolvimento de *legionella* spp; o cumprimento dos valores máximos de iluminância (E) e da densidade de potência de iluminação (DPI) impostos; a existência de segregação dos circuitos elétricos; a existência de controlo de iluminação nos elevadores; o aproveitamento de biomassa e/ou de energia geotérmica; a existência de sistemas de cogeração; a adoção dos requisitos, e demais boas práticas, de qualidade dos equipamentos; a seleção de equipamentos que se revele mais eficiente; e a existência de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica com as devidas funcionalidades. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) A longo prazo, a existência de *sleep mode* (a partir de 2016) e regeneração de energia (a partir de 2019) nos elevadores. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Assim, mediante a aplicabilidade ou não e a existência ou não de viabilidade económica, estes requisitos têm ou não de ser cumpridos pelos sistemas técnicos dos edifícios abrangidos pela portaria em causa. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Mais uma vez se sente a falta de ambição no que toca à imposição de requisitos a edifícios existentes. Não lhes sendo imposto mais do que: a avaliação do desempenho energético periodicamente (no caso dos GES existentes de 6 em 6 anos); e o cumprimento dos limiares de proteção e das condições referência dos poluentes.

Um requisito importante e que ainda não foi mencionado é o valor máximo do indicador de eficiência energética (IEE). O IEE consiste no somatório dos diferentes consumos anuais de energia, agrupados em indicadores parciais e convertidos para energia primária por unidade de área interior útil de pavimento (equação (1)); permitindo assim aferir o desempenho energético de edifícios. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

(1)

IEE_s é o indicador de eficiência energética parcial que representa os consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício (equação (2)), o IEE_t representa os consumos de energia que não são considerados para o mesmo efeito (equação (3)) e, por fim, o IEE_{ren} é o indicador de eficiência energética parcial que representa a produção de energia elétrica e térmica a partir de FER destinada a autoconsumo e efetivamente utilizada no edifício ou passível de o ser (equação (4)). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

(2)

E_{s,i} representa o consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo S, A_p a área interior útil de pavimento e F_{pu,i} o fator de conversão de energia útil para energia primária. (Ministério do Ambiente,

¹ Poluente microbiológico. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013)

Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Os fatores de conversão de energia útil para energia primária encontram-se, tal como referido na Tabela 3, no despacho número 15793-D de 2013.

— (3)

$E_{T,i}$ representa o consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo T . (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Os consumos de energia para os usos do tipo S e do tipo T são indicados na Imagem 3. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Consumos no IEE_S	Consumos no IEE_T
<ul style="list-style-type: none"> - aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação - ventilação e bombagem em sistemas de climatização - aquecimento de águas sanitárias e de piscinas - iluminação interior - elevadores, escadas e tapetes rolantes (a partir de 1 de janeiro de 2016) - iluminação exterior (a partir de 1 de janeiro de 2016) 	<ul style="list-style-type: none"> - ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica - equipamentos de frio - iluminação dedicada e de utilização pontual - elevadores, escadas e tapetes rolantes (até 31 de dezembro de 2015) - iluminação exterior (até 31 de dezembro de 2015) - todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEE_S

Imagem3- Consumos para os Usos do Tipo S e do Tipo T

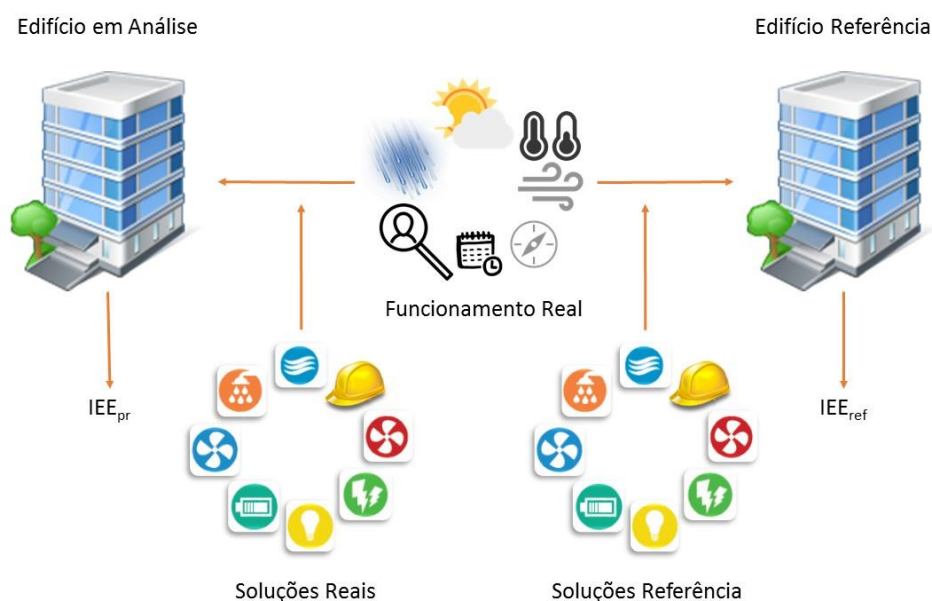
— (4)

$E_{ren,i}$ representa a produção de energia por fonte de energia i a partir de FER para consumo. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Este parâmetro é determinado segundo o definido no despacho número 15793-H de 2013 (Tabela 3).

Existem três diferentes IEE: o IEE previsto (IEE_{pr}), o IEE efetivo (IEE_{ef}) e o IEE de referência (IEE_{ref}). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) O IEE_{pr} traduz o consumo anual de energia do edifício com base localização do edifício, nas características da envolvente, na eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização previstos para o edifício, assim este indicador representa edifícios a construir ou sujeitos a grandes intervenções (equação (5)); o IEE_{ef} traduz o consumo anual com base no histórico de faturas de energia e/ou nos resultados de uma avaliação energética anual e/ou de um sistema de gestão de energia, assim representa edifícios existentes (equação (5)); o IEE_{ref} traduz o consumo anual de energia do edifício caso este fosse dotado de soluções de referência para alguns dos elementos da envolvente e para alguns dos seus sistemas técnicos, mantendo inalteradas as suas demais características (equação (6)). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

(6)

Para a determinação do IEE_{ref} , a portaria número 349-D de 2013 apresenta as soluções (referência) a serem adotadas pelo edifício em análise para que este seja convertido no edifício referência. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Da mesma forma que não existem dois edifícios iguais também não existem dois edifícios referência iguais, pois a cada edifício em análise corresponderá um edifício referência que nada mais é do que o edifício em análise com as soluções referência a considerar para o cálculo do IEE_{ref} . A Imagem 4 faz uma síntese do que foi aqui descrito.



Segundo o regulamento número 244 de 2012, um edifício de referência consiste num edifício “hipotético ou real, representativo da geometria típica e dos sistemas, do desempenho energético típico da envolvente e dos sistemas dos edifícios” e “representativo das condições climáticas e da localização geográfica” do edifício em causa. (Comissão, 2012)

O PRE consiste num “conjunto de medidas exequíveis e economicamente viáveis de racionalização do consumo ou dos custos com a energia, tendo em conta uma avaliação energética prévia”. (Emprego, 2013a) Conforme o SCE e a portaria número 349-D de 2013 indicam, estão sujeitos a PRE os GES novos com classe inferior a B-, os edifícios existentes com classe inferior a D (C a partir de 2016) e todos os edifícios que apresentem um consumo de energia final superior a 2,5 GWh; sendo que entre 2 e 5 GWh os edifícios têm de, no prazo de 6 anos, reduzir o seu consumo em 3% e no caso de superior a 5 GWh, têm de reduzir 5% no mesmo prazo. (Emprego, 2013a; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Ao longo da portaria número 349-D de 2013, várias normas são mencionadas como fundamentais na aplicação dos requisitos de conceção. A Tabela 4 apresenta estas normas e o seu âmbito de aplicação.

Tabela4 - Normas que Complementam a Portaria nº 349

Norma	Âmbito
EN 12464-1	Níveis de Iluminância
EN 13053	Classificação Energética de Unidades de Tratamento de Ar
IEC60034-30 ²	Classificação Energética de Motores Elétricos
EN 15232	Classificação Energética de Sistemas de Gestão Técnica Centralizada
VDI 4707 ³	Classificação Energética de Elevadores

1.3.3.Ferramentas Computacionais

A simulação dinâmica (SD) consiste na “previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em conta a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo pelo menos horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência”. (Emprego, 2013a)

A utilização de ferramentas computacionais na simulação do desempenho térmico de edifícios tem sido uma área de interesse da investigação desde os anos 60 e muito do trabalho inicialmente realizado focou-se no cálculo de cargas e na análise energética. (Hensen and Lamberts, 2011) Ao longo do tempo, este campo tem vindo a enriquecer-se com ferramentas integradas de simulação da transferência de calor e massa, do fluxo de ar, iluminação natural, entre muitos outros parâmetros, sistemas e componentes presentes nos edifícios. (Hensen and Lamberts, 2011) Ao mesmo tempo, as interfaces gráficas têm-se tornado mais eficazes e, conseqüentemente, mais populares. (Hensen and Lamberts, 2011) A utilização de ferramentas de simulação mais capazes, avançadas, bem documentadas e ativamente em desenvolvimento é vantajoso para que a simulação realizada possua qualidade e seja a melhor possível. (Raftery, Keane and O'Donnell, 2011)

O RSECE de 2006 veio tornar obrigatória a SD detalhada para os GES, a qual deve ser realizada através da utilização de um dos programas acreditados pela norma ASHRAE (*American Society of Heating,*

² IEC – *International Electrotechnical Commission*

³ VDI – *Verein Deutscher Ingenieure*

Refrigerating & Air Conditioning Engineers número 140 de 2004. (Works, 2011a) Atualmente, a norma vigente é a ASHRAE número 140 de 2007 (versão atualizada da anterior norma). (ASHRAE, 2014)

Neste conjunto de programas encontra-se o EnergyPlus, um programa de análise energética e de simulação térmica de edifícios. (EERE, 2013) Através da informação introduzida pelos utilizadores (composição do edifício e seus sistemas energéticos), o EnergyPlus calcula as cargas de aquecimento e arrefecimento necessárias para se manterem os valores nominais de controlo térmico, as condições dos sistemas de climatização e o consumo de energia dos edifícios e seus equipamentos. (EERE, 2013) Com este programa é possível, entre muitas outras funcionalidades, controlar a luz natural, a iluminação interior, a influência da luz artificial no aquecimento e arrefecimento, como também controlar a transferência de calor transiente (paredes, cobertura, pavimento, etc.). É possível aplicar modelos de conforto térmico (modelos que têm em conta a atividade, humidade, etc.) e modelos que combinem a transferência de calor e de massa. Podem-se utilizar soluções baseadas no balanço térmico, definir padrões de utilização e/ou de atividade ou trabalhar com os padrões predefinidos pelo *software*. (EERE, 2013)

Estas funcionalidades, na sua maioria, são comuns entre os vários programas acreditados pela norma anteriormente referida, havendo uma ou outra que se destaque de forma vantajosa ou desvantajosa; o que auxilia no momento de tomada de decisão quanto ao *software* a utilizar. (EERE, 2013) O EnergyPlus é um programa autónomo e gratuito, mas não possui uma interface gráfica *user friendly* (input e output sem ficheiros de texto). (EERE, 2013) Para colmatar esta característica são utilizados outros *softwares* como sua interface gráfica, tais como: DesignBuilder, EFEN, AECOSim Energy Simulator, Hevacomp Simulator, N++, gEnergy, Simergy, BEopt™, Sefaira, IESVE, TRACE 700, entre outros. (Crawley, 2010; EERE, [s.d.]) Programas como o *software* modular para a simulação energética de edifícios CLIM2000 e como o TRNSYS, que simula o comportamento de sistemas transientes, são alternativas à utilização do EnergyPlus que também constam na ASHRAE número 140. (ASHRAE, 2001; Bornneau *et al.* 1993; TRNSYS, [s.d.])

O *software* DesignBuilder surge pela primeira vez em 2005 como uma interface gráfica completa para o EnergyPlus. (Works, 2011a) Como interface do EnergyPlus, este *software* permite construir o modelo do edifício (plataforma 3-D), caracterizá-lo (características de construção, perfis de atividade e ocupação, etc.), bem como aos seus sistemas energéticos, e realizar simulações para determinação de consumos energéticos e de potências de climatização, como também testar estratégias de otimização energética partindo dos dados do comportamento físico e ambiental do edifício obtidos pelo programa. (Works, 2011a) As suas opções de conceção (ventilação natural, controlo da luz natural, pavimento radiante, entre outras) podem ser analisadas de forma a obter-se a influência destas no desempenho ambiental do edifício, no conforto, custo e disponibilidade de luz natural. (EERE, [s.d.]; Works, 2011a) O DesignBuilder permite a importação de ficheiros de Desenho Assistido por Computador (DAC) ou, em inglês, *Computer Aided Design* (CAD), que podem auxiliar nas geometrias 3-D, e a exportação de todos os dados resultantes das simulações. (Works, 2011a, 2011b) Também permite a importação de ficheiros PDF (*Portable Document Format*), em português, FDP (Formato de Documento Portátil), PNG (*Portable Network Graphics*), entre outros formatos. Apesar de o público-alvo deste *software* consistir, maioritariamente, em arquitetos, engenheiros civis e consultores de energia, este é também dirigido para os menos experientes. (Builder, 2010; Works, 2011a) A fácil utilização, a interface intuitiva e visualmente realista, o vasto conjunto de vídeos tutoriais, a estrutura hierarquizada do DesignBuilder e a fácil manutenção das características dentro desta estrutura, desde o nível mais geral - o edifício - ao nível mais detalhado - partes constituintes das zonas (paredes, tetos, etc.) - são algumas das suas vantagens. (Works, 2011a)

O *software* EFEN é um programa de simulação concebido para analisar o impacto energético e o custo-benefício dos vãos envidraçados nos edifícios de serviços e grandes edifícios residenciais. (EERE, [s.d.]) Uma vez que a análise realizada pelo EFEN consiste na avaliação paramétrica de diferentes envidraçados, este

software disponibiliza um conjunto predefinido por defeito de construções típicas de edifícios, cargas internas, horários de operação e sistemas AVAC, para que o utilizador rapidamente desenvolva o modelo energético do edifício. (EERE, [s.d.]) Através da ferramenta WINDOW, este programa permite ao utilizador selecionar facilmente e especificar corretamente as características dos envidraçados (dimensões, dispositivos de sombreamento, localização no edifício, entre outras). (EERE, [s.d.]) Os resultados (consumo de energia anual, custos, etc.) são apresentados em tabelas e gráficos, mas também podem ser gerados relatórios. (EERE, [s.d.]) Este *software* foi concebido pela DesignBuilder e surgiu em 2007. (DesignBuilder, 2007; EERE, [s.d.])

O simulador Hevacomp permite a análise energética, a conceção mecânica e o cálculo de cargas térmicas dos edifícios e seus componentes, indo ao encontro da legislação do Reino Unido, da Austrália e dos Estados Unidos da América. (EERE, [s.d.]) Assim, este programa fornece as ferramentas necessárias para que os seus utilizadores consigam enfrentar o desafio à construção de edifícios energeticamente eficientes, em harmonia com o ambiente e com as necessidades dos seus ocupantes. (EERE, [s.d.]) Este *software* também permite a construção 3-D de edifícios, a adição de vãos envidraçados, a configuração de perfis detalhados de ocupação e de temperatura ou a seleção de perfis predefinidos, a implementação de sistemas AVAC configurados pelo utilizador ou selecionados da base de dados existente. (EERE, [s.d.])

O *software* Sefaira estimula a avaliação do desempenho energético do edifício desde a sua fase de projeto, de forma a obter-se *feedbacks* que possam influenciar a construção do edifício; sendo assim este programa mais dirigido para arquitetos. (EERE, [s.d.]) Toda a análise é realizada numa plataforma assente na tecnologia *cloud* e abrange as necessidades de energia e de água, as emissões de carbono, os custos de consumo, o potencial de produção de energia renovável, o conforto térmico, entre outros fatores. (EERE, [s.d.])

À semelhança do programa Sefaira, o gEnergy também utiliza uma plataforma assente na tecnologia *cloud* (greenspaceLive's gEnergy). (EERE, [s.d.]) Com esta plataforma os modelos podem ser acedidos a partir de qualquer sítio e a qualquer hora. (EERE, [s.d.]) Além disto, esta tecnologia facilita o desenvolvimento de modelos robustos sem sobrecarregar o computador, a partilha de experiência e *knowhow*, o armazenamento de dados e as atualizações do *software*. (EERE, [s.d.]) O programa gEnergy é gratuito para uso experimental (trial). (EERE, [s.d.])

O programa Simergy é gratuito, mas só é compatível com o sistema operativo Windows. (EERE, [s.d.]) O *software* BEopt™ (*Building Energy Optimization*) é dirigido para a análise energética de edifícios residenciais, novos e existentes, e para a avaliação de medidas de custo ótimo na ótica do nível NZEB. (EERE, [s.d.])

De um modo geral, as bases de dados da maioria dos programas, que servem de interface ao EnergyPlus, recorrem a ficheiros provenientes de normas regulamentares e legislativas (normas AHSRAE, por exemplo). (EERE, [s.d.]) Desta forma dá-se o controlo do dimensionamento de sistemas e da análise energética, a qual trata perdas e ganhos de calor, sobreaquecimento, consumo de energia, custos de combustível, emissões de carbono, entre outros fatores. (EERE, [s.d.])

Os programas de SD são ferramentas computacionais que facilitam muito a avaliação energética de edifícios, uma vez que executam automaticamente um conjunto elevado de cálculos fundamentais para esta avaliação. Assim, grande parte da metodologia expressa nas portarias e despachos apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3, respetivamente, encontra-se simplificada nestes programas ou *software*. Contudo, o recurso a estes programas por si só pode induzir em erro e prejudicar a análise energética do edifício. Portanto, deve-se conhecer a metodologia para que a utilização destes programas, no que toca à introdução de informação e à análise de resultados, seja realizada de uma forma crítica e o mais correta possível.

Dada a disponibilidade de *software*, no âmbito do presente trabalho será utilizado o programa DesignBuilder como interface da ferramenta de simulação para a análise do consumo de energia de edifícios EnergyPlus.

1.3.4. Outra Bibliografia Relevante

Apesar dos pontos positivos associados à aplicação do conceito NZEB, muitos problemas e conflitos existem desde a sua introdução na legislação portuguesa. (Hermelink, 2014) Um edifício com necessidades quase nulas de energia é definido como um edifício com um desempenho muito elevado, do ponto de vista energético positivo. (Conselho, 2010a; Hermelink, 2014) Por outras palavras, é um edifício com reduzidas necessidades energéticas, fruto dos seus componentes eficientes, e que colmata essas necessidades em grande parte pelo recurso a energia proveniente de FER. (Conselho, 2010a; Hermelink, 2014) As formas de captação desta energia devem ser locais ou próximas, ou seja, no próprio edifício ou no terreno onde este está construído ou em infraestruturas de uso comum tão próximas do local quanto possível, respetivamente. (Conselho, 2010a; Fragoso and ADENE, 2013; Hermelink, 2014) Antes da implementação de sistemas de aproveitamento de energia renovável, deve ser realizado um estudo que tenha em conta as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento para que estas possam ser reduzidas *a priori* (Energy Directorate-General, 2011) O conceito NZEB torna-se mais realista com uma abordagem que privilegie em primeiro lugar a racionalização de consumos, “na maior extensão possível e suportada numa lógica de custo-benefício”, e só depois a implementação de sistemas alternativos para a produção de energia. (Emprego, 2013a)

Assim, os NZEB são edifícios que serão construídos e equipados com materiais e tecnologias recentes, ou seja, dispendiosas. Posto isto, coloca-se uma pertinente questão: Os requisitos mínimos de desempenho energético dos NZEB terão de cumprir um nível ótimo de rentabilidade? (Hermelink, 2014) Sendo uma resposta afirmativa, levanta-se uma outra questão: Será então possível atingir o conceito NZEB? (Hermelink, 2014) Conforme a Imagem 5 demonstra, aos NZEB corresponde o menor consumo de energia primária, mas em contrapartida o mais elevado dos custos globais. (Hermelink, 2014)

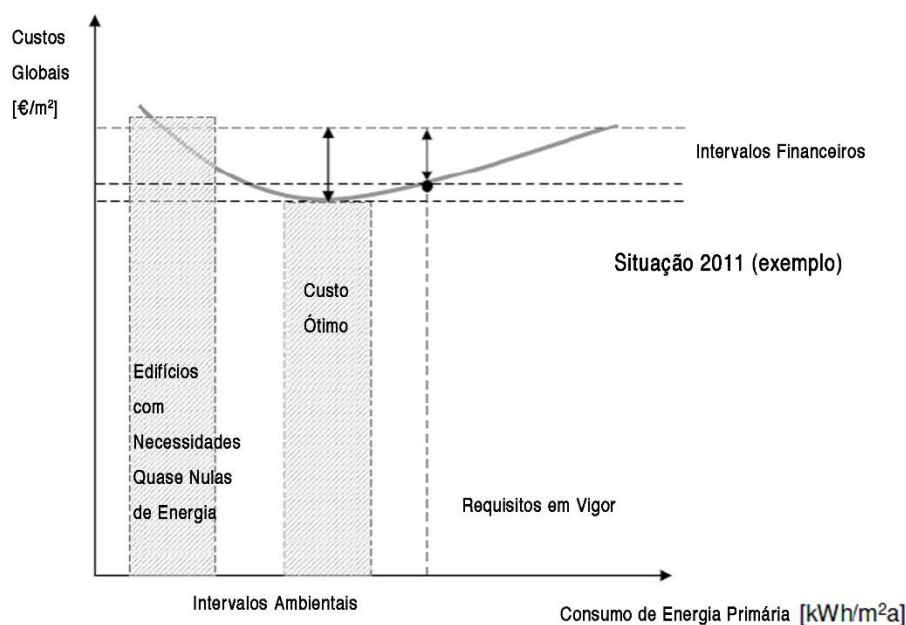


Imagem5 Conflito Custo Ótimo

Esta imagem exemplifica o comportamento sinusoidal dos custos globais associados aos edifícios, à medida que o consumo de energia primária destes edifícios aumenta. (Hermelink, 2014) Facilmente se percebe que para pequenos consumos de energia os custos globais serão elevados, devido principalmente ao recurso de tecnologia de ponta. Mas para consumos muito elevados (ou seja, recurso a tecnologia pouco eficiente) os custos globais também apresentam valores elevados, devido ao custo associado ao consumo de energia. Posto isto, a solução com custo ótimo estará entre o conceito NZEB e o ponto representativo dos requisitos mínimos de desempenho energético atuais. Para atingir o ponto de custo ótimo, será necessário um afastamento do conceito NZEB e o aumento da ambição da legislação, nomeadamente na imposição de menores consumos de energia primária.

Segundo a legislação nacional, o nível ótimo de rentabilidade consiste no “desempenho energético que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico” do edifício ou do componente do edifício e este custo mais baixo é o custo ótimo, que tem em conta os custos de investimento, de manutenção e de funcionamento (custos e poupanças de energia; receitas resultantes da energia produzida; etc.). (Conselho, 2010a)

A questão do custo ótimo aliada ao défice de informação clara e consistente sobre este conceito revelam-se problemas fulcrais para que o caminho dos NZEB seja facilitado. Contudo, estes edifícios apresentam uma qualidade e um conforto térmico e visual inegavelmente superior ao edificado atual, como também representam uma das mais importantes soluções para que as metas impostas sejam atingidas (2050). (Hermelink, 2014) Além disto, a própria implementação do padrão NZEB consiste numa medida de promoção da eficiência energética nos edifícios, uma vez que com este conceito se pretende “aumentar o número de edifícios que não se limitem a cumprir os atuais requisitos mínimos de desempenho energético, mas que os ultrapassem, reduzindo assim tanto o consumo de energia como as emissões de CO₂”. (Conselho, 2010a) Por isso, deve-se apostar e continuar a estudar toda a matéria relativa a este conceito. O progresso do NZEB representa o progresso do desenvolvimento económico, da liderança energética, da criatividade e da resiliência. (Graves *et al.*, 2013)

Como já foi referido, a definição de requisitos de custo ótimo para os NZEB é uma das sensibilidades deste conceito de edifícios. Muitas são as questões que se levantam em torno do âmbito e da metodologia de custo ótimo. (Energy Directorate-General, 2011) As principais são: a necessidade de consistência entre o objetivo NZEB e os requisitos de custo ótimo; o grau de detalhe necessário para os edifícios referência bem como para outra informação *input* tal como a complexa previsão de custos associada ao ciclo de vida útil de um edifício (superior a 30 anos, por exemplo) necessária para a conciliação de custo ótimo com os requisitos NZEB; a escolha da perspetiva para a otimização de custos, isto é uma perspetiva ao nível macro ou ao nível microeconómico, ou seja, ao nível da sociedade ou ao nível individual, respetivamente; as tendências de desenvolvimento dos preços da energia, mais facilmente estimadas ao nível macro do que ao nível microeconómico; a influência negativa na nova construção, o possível abrandamento e a diminuição da nova construção. (Energy Directorate-General, 2011)

Com o aumento da consciencialização para a problemática das alterações climáticas, da deterioração do ambiente e do desgaste dos recursos naturais, consequências da emissão de GEE devida à queima de combustíveis fósseis pelo uso de energia, percebeu-se que o ambiente e o desenvolvimento económico têm de ser tratados em conjunto no sentido de manter um equilíbrio sustentável. (Curado, 2003) Assim, sendo o desenvolvimento sustentável um elo de ligação fundamental, é de todo fundamental impor um nível ótimo de rentabilidade que mantenha o equilíbrio entre o desempenho energético dos edifícios e o custo que este representa durante o ciclo de vida dos mesmos. (Curado, 2003)

Tal como já foi referido anteriormente, os edifícios NZEB caracterizam-se por satisfazer grande parte das suas necessidades energéticas remanescentes pelo recurso a FER. E é exatamente sobre o modo de

produção ou captação de energias renováveis que outras questões se levantam: Deverão ser impostos limites físicos à produção de energia a partir de FER no contexto NZEB? (Hermelink, 2014) Quais os diferentes limites físicos a considerar? (Hermelink, 2014) A legislação nacional refere que a forma de captação deve ser “preferencialmente no próprio edifício ou na parcela de terreno onde está construído”, ou seja, deve ser local. (Emprego, 2013a) Ou, “quando não seja possível suprir as necessidades de energia renovável com recurso à captação local”, deve ser “em infraestruturas de uso comum tão próximas do local quanto possível”, ou seja, nas proximidades ou vizinhança do edifício (Imagem 6). (Emprego, 2013a; Hermelink, 2014) A legislação nada refere quanto à captação *offsite* (Hermelink, 2014)

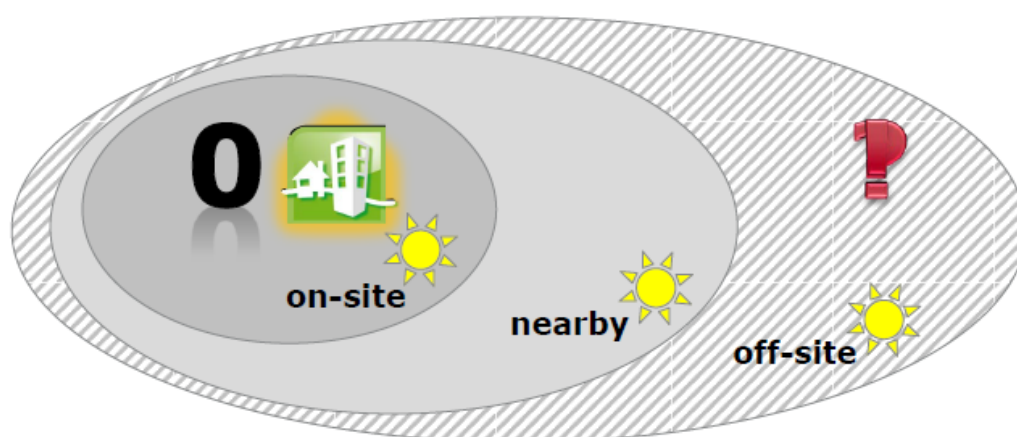


Imagem6 Limites Físicos à Captação de Energias Renováveis

A imposição ou não de limites físicos à produção de energia proveniente de fontes renováveis é uma questão sensível. Por um lado a estipulação destes limites é também a limitação do crescimento e desenvolvimento NZEB, uma vez que se criam barreiras ao modo de satisfação das necessidades energéticas que se quer privilegiar; por outro lado percebe-se que, num cenário de crescimento do padrão NZEB a nível nacional e/ou mundial, há a necessidade de se criarem fronteiras à captação de energia renovável, pois não existe dimensão suficiente para oferecer a todos os edifícios que possam transformar-se em NZEB. Além disto, estas fronteiras também delimitam até que ponto as necessidades energéticas remanescentes dos NZEB serão colmatadas por energia renovável por estes edifícios produzida. O que, a querer-se colmatar totalmente as necessidades remanescentes com energia renovável, numa ótica de “não fronteiras” seria um cenário impensável. A inclusão da captação de energia renovável *offsite* é outro ponto no qual não existe concordância. As principais vantagens deste modo de captação são: a oferta de várias opções ao modo de captação; a igualdade de oportunidades de produção de energia renovável; e a fidedignidade à oferta renovável. (Hermelink, 2014) Podendo também estas vantagens não ser da concordância geral. O certo é que a captação local nem sempre é suficiente e a vizinhança do edifício nem sempre reúne as condições para que possa ter lugar a produção de energia a partir de fontes renováveis, restando a captação *offsite*. A chave para estas questões terá de passar pela sustentabilidade, só “um equilíbrio saudável de produção de energia renovável” poderá convergir para a correta gestão energética dos sistemas. (Graves *et al.*, 2013) Para que a captação *offsite* seja uma realidade, terá de existir uma boa gestão do território e uma democrática distribuição do mesmo.

Com a continuidade deste projeto pretende-se estudar medidas de reabilitação energética que tornem possível a aplicação de requisitos NZEB a um GES existente, como também avaliar se os requisitos impostos pela legislação são ambiciosos e realistas para os níveis em estudo (ótimo económico e NZEB).

1.4. Contributo do Projeto

O principal contributo do presente trabalho de projeto consiste na análise de diferentes soluções de reabilitação energética, no sentido da otimização energética e económica e do conceito NZEB. Esta análise contribuirá para a sensibilização das entidades, responsáveis pelo edifício estudado, quanto ao potencial de melhoria do desempenho energético do mesmo, como também, numa perspetiva mais ambiciosa, para a idealização do caminho que seria necessário percorrer para a concretização do nível NZEB estabelecido e qual o seu impacto na realidade do edifício. Além disto, o modelo energético simplificado validado do edifício estudado e o conjunto de informação reunida contribuem para futuros trabalhos de projeto dentro do âmbito de aplicação do presente estudo.

1.5. Organização do Documento

O presente trabalho de projeto encontra-se dividido em cinco capítulos.

O capítulo 1 corresponde à introdução do trabalho de projeto. Neste é desenvolvida a contextualização da temática em estudo, de forma a enquadrar o trabalho realizado e justificar os objetivos e o contributo do mesmo, bem como as ferramentas e métodos aplicados. Com este propósito, é ainda realizada neste capítulo a revisão bibliográfica necessária à correta interpretação e compreensão da temática em questão.

No capítulo 2 é realizada a descrição das ferramentas e métodos aplicados ao longo do trabalho de projeto desenvolvido. Esta descrição, ainda que numa ótica de revisão da bibliografia, é dirigida especificamente para a caracterização de edifícios no âmbito da simulação dinâmica.

O capítulo 3 descreve todos os resultados obtidos à luz das ferramentas e métodos aplicados na caracterização do edifício em estudo e na simulação dinâmica do seu desempenho energético.

No capítulo 4 é desenvolvido e implementado o principal propósito do presente trabalho de projeto, a análise comparativa da reabilitação energética na perspetiva da otimização energética e económica com a reabilitação energética na perspetiva NZEB.

Por último, o capítulo 5 expõe as principais conclusões do trabalho de projeto desenvolvido e propõe um conjunto de sugestões de trabalho futuro.

2. Ferramentas e Métodos

2.1. Sumário

O presente capítulo tem como objetivo descrever a metodologia seguida na caracterização do edifício em estudo – edifício Central e da Reitoria – e na, posterior, calibração do modelo energético simplificado desenvolvido. Assim, nos próximos tópicos são abordados os parâmetros, regras e processos seguidos para a simulação dinâmica do edifício em estudo.

2.2. A Simulação Dinâmica de Consumo de Energia em Edifícios

Antes de se iniciar este capítulo, é necessário perceber-se que a caracterização, calibração e posterior SD de edifícios são processos complexos e que, com o avanço da tecnologia, têm vindo a ficar ainda mais complexos. (Hensen and Lamberts, 2011) O número de variáveis e domínios abrangidos como resposta às crescentes necessidades e expectativas de conforto dos utilizadores dos edifícios e consequente necessidade de aumento do desempenho dos mesmos, é o principal motivo da complexidade destas tarefas. (Hensen and Lamberts, 2011)

Segundo o atual SCE, a SD consiste na “previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em conta a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo pelo menos horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência”. (Emprego, 2013a) A SD de energia em edifícios é cada vez mais comum, devido à crescente importância atribuída à eficiência energética neste setor dos edifícios. (Raftery *et al*, 2011)

O consumo de energia em edifícios divide-se em três necessidades energéticas fundamentais: necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}), para arrefecimento (N_{vc}) e as necessidades anuais globais de energia primária (N_{tc}). (Emprego, 2013h)

As N_{ic} refletem o impacto das perdas de calor através da envolvente do edifício (Imagem 1), através da renovação do ar interior (infiltrações, ventilação natural e/ou mecânica) e dos ganhos térmicos úteis associados ao aproveitamento da radiação solar pela envolvente (opaca e envidraçada; inércia térmica) e a fontes internas de calor (iluminação, equipamentos e ocupantes). (Emprego, 2013h, 2013j) (Martins, Nelson, 2008a, 2008b) Estas perdas e ganhos de calor nada mais são do que transferências de calor através de um meio (sólido ou fluido), que ocorrem dada a diferença de temperatura entre os ambientes que o meio separa e entre o meio e o ambiente que o rodeia. (Emprego, 2013a, 2013h, 2013j) É pertinente referir que a Imagem 1 não faz referência às pontes térmicas e que estas são também um elemento propulsor das perdas de calor. (Martins, Nelson, 2008c)

As N_{vc} refletem o impacto dos mesmos parâmetros referidos nas N_{ic} , mas numa ótica oposta. (Emprego, 2013h, 2013j) Isto é, para o aquecimento os ganhos térmicos úteis têm um impacto positivo e um impacto negativo para o arrefecimento, uma vez que implicam um menor consumo de energia para aquecimento e um maior consumo de energia para arrefecimento, respetivamente. As perdas de calor são exatamente o oposto, têm um impacto negativo para o aquecimento e positivo para o arrefecimento. Esta sensibilidade é recorrente e tem associada a necessidade redobrada de analisar cuidadosamente medidas de melhoria do

desempenho energético de edifícios, de forma a encontrar a melhor alternativa para ambas as necessidades energéticas. (Araújo *et al.*, 2013) Isto porque, normalmente medidas que levem à redução das N_{ic} implicam o aumento N_{ve} e vice-versa. (Araújo *et al.*, 2013)

As N_{tc} refletem o impacto das necessidades anteriormente abordadas e dos sistemas de aquecimento, arrefecimento, produção de água quente sanitária (AQS) (quando aplicável), ventilação mecânica e sistemas de produção de energia através de FER (quando aplicável). (Emprego, 2013h, 2013j) A produção de energia através de FER tem um impacto positivo, pelo que, a existirem, contribuem para a diminuição das N_{tc} .

Assim, é necessário o total conhecimento das características físicas do edifício (envolvente, localização, condições atmosféricas, iluminação natural, etc.), do fator humano inerente à utilização do edifício em causa (padrões de utilização do edifício, saúde, produtividade, conforto, QAI, etc.), dos sistemas AVAC nele existentes, bem como dos equipamentos e dos sistemas de geração de energia quando existentes (fontes de energia renovável, por exemplo), de forma a dar resposta às perdas e ganhos térmicos do edifício que se encontram na geração das necessidades de energia útil e primária do edifício. (Hensen and Lamberts, 2011) É também necessário perceber-se e conhecer-se as interações dinâmicas (também elas propulsoras de consumos de energia) que ocorrem entres os parâmetros anteriormente referidos e demonstrados na Imagem 7.

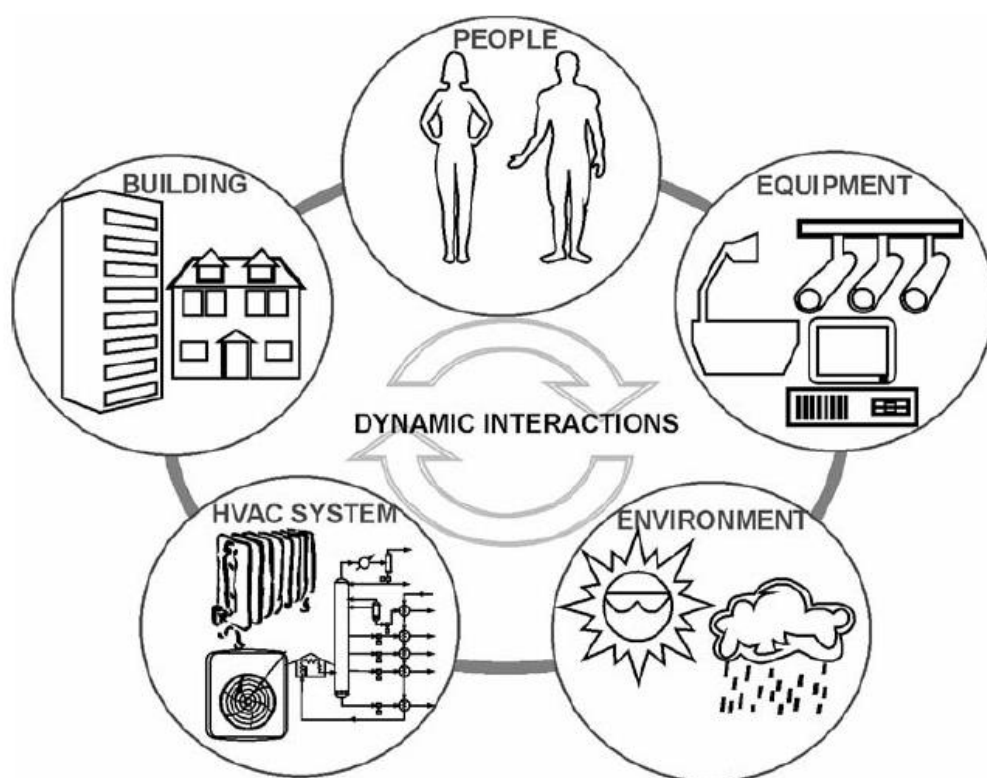


Imagem7 Interações Dinâmicas

Posto isto, a SD consiste num dos três métodos de determinação do IEE no âmbito do RECS (SD multizona, cálculo dinâmico simplificado e consumo efetivo). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Por definição a SD é aplicável “na fase de projeto como

ferramenta de dimensionamento e apoio à otimização energética”, mas também pode ser utilizada na determinação do consumo previsto específico (IEE_{pr}) e/ou do consumo de referência específico (IEE_{ref}) como método alternativo ao método base segundo o RECS. (Martins, N. and Araújo, 2013; Martins, Nelson, 2014a) Assim, a SD está presente tanto na fase de licenciamento (edifícios novos, grandes intervenções de reabilitação e ampliação de edifícios existentes) como, a nível mais regulamentar, em auditorias ou como apoio ao PRE. (Martins, N. and Araújo, 2013; Martins, Nelson, 2014a) A SD fecha um conjunto de atividades que compõem a avaliação energética – “avaliação detalhada das condições de exploração de energia de um edifício ou fração, com vista a identificar os diferentes vetores energéticos e a caracterizar os consumos energéticos, podendo incluir, entre outros aspetos, o levantamento das características da envolvente e dos sistemas técnicos, a caracterização dos perfis de utilização e a quantificação, monitorização e a SD dos consumos energéticos”. (Emprego, 2013a)

O domínio de ferramentas computacionais, já abordadas no capítulo anterior (subsecção 1.3.3. Ferramentas Computacionais), e de técnicas de calibração, facilita as tarefas complexas que o presente capítulo se propõe a apresentar. (Hensen and Lamberts, 2011)

2.2.1. Implantação e Dados Climáticos

Na SD de energia em edifícios, a implantação do edifício em análise e a obtenção dos dados climáticos do local onde este se encontra são os primeiros passos a dar na caracterização do mesmo.

Depois de identificado qual o edifício a estudar, a primeira etapa a percorrer é a implantação do edifício. (Martins, N. and Araújo, 2013) A implantação, que tem por definição o ato de traçar o terreno do local onde o edifício se encontra ou se encontrará construído (edifício em projeto), nada mais é do que localizar o edifício em análise. (Priberam, 2013) Para que se possa localizar o edifício é fundamental identificar os seguintes parâmetros: país e concelho onde se situa; região norte (N) ou sul⁴ do país; orientação; distância à costa (superior ou inferior a 5 km); rugosidade do terreno do local de implantação (rugosidade I, II ou III); altitude (z); altura ao solo. (Emprego, 2013j; ITeCons, 2008; Martins, Nelson, 2008a) A distância à costa e a z permitem determinar, para efeito da contabilização da ação do vento no edifício, em qual das duas regiões, A e B, o edifício se situa. (Emprego, 2013j) À região A corresponde todo o território nacional que não é abrangido pela região B, sendo que esta última abrange as Regiões Autónomas dos Açores (RAA) e da Madeira (RAM) e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e/ou de altitude superior a 600 m. (Emprego, 2013j) A determinação da rugosidade do terreno onde se encontra o edifício permite também contabilizar a ação do vento. (Emprego, 2013j) À rugosidade I correspondem edifícios situados no interior de uma zona urbana, à rugosidade II edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural e à rugosidade III edifícios situados em zonas muito expostas, mediante a inexistência de obstáculos que atenuem o vento (edifícios, vegetação, entre outros possíveis sistemas próximos do edifício em análise). (Emprego, 2013j) No âmbito nacional convém, em primeiro lugar, identificar se o edifício se encontra situado em Portugal continental ou no arquipélago da Madeira ou dos Açores. (ITeCons, 2008) A utilização de ferramentas de mapa 2D ou 3D (como o Google Earth, por exemplo) podem ser muito úteis nesta primeira etapa, uma vez que permitem obter de forma rápida e fácil uma imagem visual da localização do edifício (Imagem 8 e Imagem

⁴ “Região Sul – Toda a área a Sul do rio Tejo e os seguintes concelhos dos distritos de Lisboa e Santarém: Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém.” (ITeCons, 2008)

9), como também a sua orientação e, por vezes, a altitude e a distância à costa do local onde este se encontra implantado.

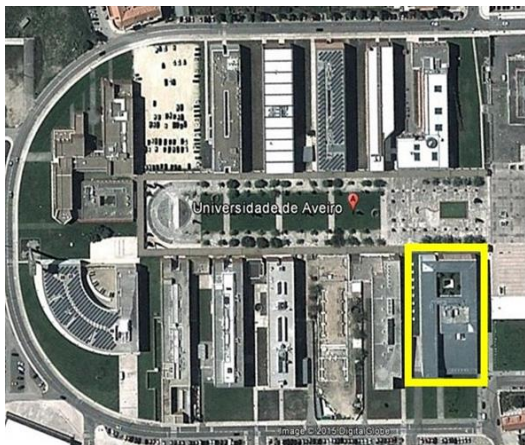


Imagem8 Implantação Edifício Central e da Reitoria através do Google Earth

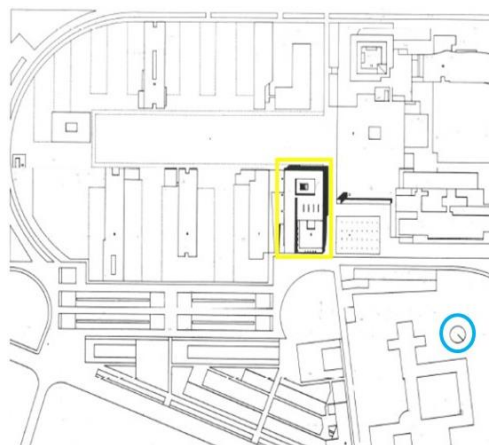


Imagem9 Implantação Edifício Central e da Reitoria através do mapa do campus (Aveiro, 1994)

Na Imagem 8 e na Imagem 9 encontra-se traçado o terreno do local onde o edifício Central e da Reitoria se encontra construído (retângulos a amarelo), mas também podemos identificar na Imagem 9 a orientação do mesmo (círculo a azul) tendo por base a indicação dada do N.

Como facilmente se percebe, a localização de um edifício inevitavelmente influencia o zoneamento climático e a recolha dos dados climáticos do local onde o mesmo se encontra implantado. Assim, só após a correta localização do edifício se pode obter a base de dados climáticos para o local em causa. (Martins, N. and Araújo, 2013) Esta base de dados é fundamental para que a SD seja realizada corretamente, uma vez que contém informação sobre as condições atmosféricas e climatéricas do local onde se encontra construído o edifício. Assim, nesta base de dados climáticos deve constar a seguinte informação para cada hora do ano na localização em análise: temperatura exterior de bolbo seco (T_{db}); temperatura exterior de orvalho (T_{dp}); pressão atmosférica (P_{atm}); velocidade e direção do vento (em $m \cdot s^{-1}$ e $^{\circ}$, respetivamente); altitude e azimute solar (em $^{\circ}$); radiação solar direta e difusa (em $kWh \cdot m^{-2}$); humidade relativa (HR ou ϕ). (DesignBuilder, 2014a; Martins, Nelson, 2010) Esta base de dados também deve conter informação relativa aos meses em que iniciam e terminam as estações de aquecimento e arrefecimento (inverno e verão, respetivamente), à temperatura média exterior correspondente à estação de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$), à temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ($\theta_{ext,i}$), às semanas mais fria e quente do ano, às semanas típicas de inverno e verão, ao número de graus-dia (GD) correspondentes às estações de aquecimento e arrefecimento, à energia solar média mensal durante a estação de aquecimento recebida por uma superfície vertical orientada a S (G_{sul}) e à energia solar acumulada durante a estação de arrefecimento recebida na horizontal e em superfícies verticais (I_{sol}). (DesignBuilder, 2014b; Emprego, 2013e)

Assim, a obtenção da base de dados climáticos é uma das etapas com elevada importância para a SD de edifícios. Desta depende a correta simulação do clima “real” (iluminação natural; condições atmosféricas; etc.) do local onde o edifício se encontra construído. Se inicialmente a base de dados é influenciada pela implantação do edifício, esta vai influenciar as necessidades energéticas do mesmo para que as condições de conforto térmico sejam mantidas tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento. O conforto térmico é um parâmetro diretamente relacionado com os utilizadores e/ou ocupantes do edifício em estudo.

Este parâmetro implica equilíbrio entre o calor gerado pelo metabolismo dos ocupantes e o calor perdido pelo corpo dos mesmos. (Martins, Nelson, 2008d) Vários são os fatores que influenciam o conforto térmico e, assim, o equilíbrio anteriormente referido. (Martins, Nelson, 2008d) Os fatores ambientais (velocidade do vento; HR; etc.) e a idade dos ocupantes são alguns exemplos perturbadores do conforto térmico. (Martins, Nelson, 2008d) A velocidade do ar (fator ambiental), ou a comum “corrente de ar”, é o fator que mais frequentemente influencia o conforto térmico. (Martins, Nelson, 2008d) Uma das mais importantes imposições às condições interiores dos edifícios no sentido do conforto térmico é a compreensão da temperatura interior entre os 20 e os 25 ° C, o que implica que abaixo deste intervalo o aquecimento seja acionado e acima seja acionado o arrefecimento. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Os dados climáticos e os dados meteorológicos têm um papel fulcral na calibração de modelos de SD, temática que é abordada mais à frente no presente capítulo (subsecção 2.3. Calibração do Modelo de Simulação Dinâmica).

O território económico comunitário nacional encontra-se dividido segundo a classificação europeia NUTS (Nomenclatura das Unidades Territoriais) criada pelo Serviço de Estatística da Comissão Europeia (EUROSTAT) para fins de análise estatística de dados. Esta divisão ocorre a três níveis (NUTS I, II e III), o primeiro divide o território nacional em continente e regiões autónomas (NUTS I), o segundo divide o território continental em cinco diferentes unidades territoriais (Norte, Centro, Lisboa, Alentejo e Algarve) (NUTS II) e, por fim, o terceiro subdivide o território nacional em 30 unidades territoriais, 28 pertencentes a Portugal continental (NUTS III). (IGFSE, [s.d.]) A estas unidades correspondem os diferentes municípios nacionais (por exemplo, à sub-região Minho-Lima correspondem os seguintes municípios: Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo e Vila Nova de Cerveira). (IGFSE, [s.d.]) O zoneamento climático consiste em enquadrar a localização do edifício na NUTS III e, adicionalmente, nas seis diferentes zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e verão (V1, V2 e V3). (Emprego, 2013e) Este procedimento é fundamental, porque a aplicação de alguns requisitos de qualidade térmica da envolvente ocorre mediante a zona climática do edifício em análise (Imagem 10). (Emprego, 2013e)

	Zona Climática		
Portugal Continental			
Zona corrente da envolvente	I1	I2	I3
Elementos opacos verticais exteriores ou interiores	0,70	0,60	0,50
Elementos opacos horizontais exteriores ou interiores	0,50	0,45	0,40
Vãos envidraçados exteriores (portas e janelas)	4,30	3,30	3,30
Regiões Autónomas			
Zona corrente da envolvente	I1	I2	I3
Elementos opacos verticais exteriores ou interiores	1,40	0,90	0,50
Elementos opacos horizontais exteriores ou interiores	0,80	0,60	0,40
Vãos envidraçados exteriores (portas e janelas)	4,30	3,30	3,30

	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Fator solar do vão (sem dispositivos de sombreamento)	0,25	0,20	0,15

Imagem10-Requisitos de Qualidade Térmica da Envolvente em Função das Zonas Climáticas

A atribuição da NUT é uma tarefa rápida e fácil, uma vez conhecida a localização do edifício. A atribuição das zonas climáticas de inverno e verão tem em conta o GD e a $\theta_{ext,v}$, respetivamente. Estes parâmetros climáticos são obtidos a partir de valores referência, tal como a equação (7) demonstra. (Emprego, 2013e)

(7)

Nesta equação X é o parâmetro climático que se pretende calcular, X_{REF} o valor referência ajustado pela altitude, z . z é corrigida pelo declive a e pela altitude de referência, z_{REF} . (Emprego, 2013e) Os elementos necessários à resolução da equação (7) encontram-se tabelados em despacho no Diário da República (despacho número 15793-F). (Emprego, 2013e) A Imagem 11 demonstra a distribuição das zonas climáticas ao longo do território nacional continental.

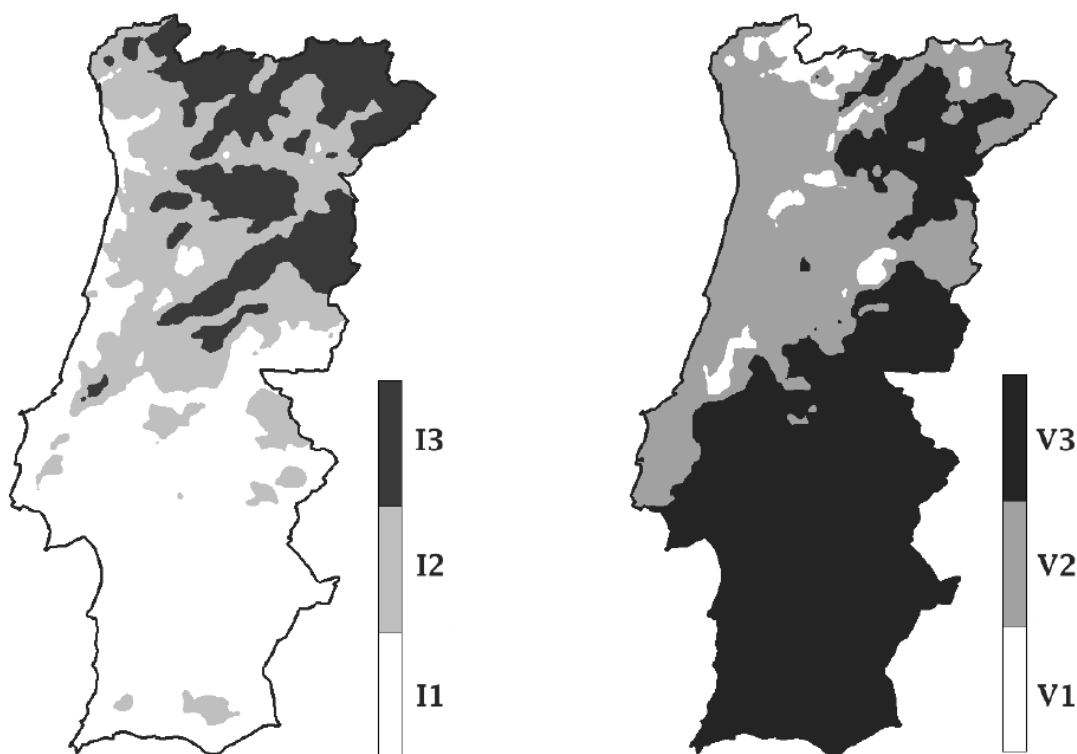


Imagem11 Zonas Climáticas

No âmbito da SD, os dados climáticos podem ser obtidos através de aplicações como a aplicação CLIMAS-SCE, disponibilizada pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). Na Imagem 12 pode-se visualizar o *layout* desta aplicação.

Anos Meteorológicos de Referência para simulação dinâmica

versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município

Abrantes

Zona climática

NUTS 3: Médio Tejo

Latitude: 39,6 °N (nominal)

Longitude: 8,4 °W (nominal)

Altitude: 168 m (referência)

Local específico

Município: Abrantes

Altitude: 168 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	5,9	5,9 meses
T média:	9,5	9,5 °C
Graus-dia:	1330	1330 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	22,1	22,1 °C

Zonas de verão e inverno

V 3 I 2

preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

LNEG Software para Políticas Públicas

Sistema Nacional de Certificação de Edifícios
Decreto-Lei 118/2013 de 20 agosto

Imagem12 Layout da Aplicação CLIMASE

Os *inputs* da aplicação são: seleção do município em questão; e seleção do formato do ficheiro de dados climáticos – EPW (EnergyPlus Weather) ou DAT (Data file). Também é possível introduzir-se a altitude aproximada da área onde o edifício se encontra construído, no sentido de ajustar os dados climáticos. Depois de preenchidos estes campos, basta clicar no botão “preparar ficheiro” e será gerado no formato selecionado. Tal como se pode verificar pela Imagem 12, esta aplicação indica quais as zonas climáticas de verão e inverno do local onde se encontra construído o edifício, não sendo necessário calcular os parâmetros climáticos como anteriormente fora referido.

Os ficheiros EPW contêm informação climática/meteorológica horária (*hourly weather data*) associada à localização do edifício em análise, sendo capazes de descrever as condições típicas de temperatura exterior, a radiação solar, as condições atmosféricas, etc., para cada hora do ano no local em causa. Estes ficheiros resultam de observações horárias em localizações específicas realizadas por serviços climáticos/meteorológicos nacionais – LNEG, no caso de Portugal.

2.2.2. Levantamento Dimensional

O levantamento dimensional passa pela recolha de características construtivas do edifício. Assim, os elementos construtivos (Imagem 1) são fundamentais nesta etapa. O zoneamento e as características da volumetria do edifício também serão abordados na presente subsecção. O levantamento dimensional é importante pois influencia a carga térmica do edifício, uma vez que ocorrem fluxos térmicos pela sua envolvente. (Martins, Nelson, 2008c) Estes fluxos podem representar perdas ou ganhos de calor (ganhos solares e perdas por condução pela envolvente), o que afeta as necessidades energéticas do edifício. (Martins, Nelson, 2008a, 2008b, 2008c) A construção de um modelo do edifício em estudo no âmbito da SD torna-se concebível após a conclusão deste levantamento.

Os elementos construtivos compõem a envolvente interna e externa de um edifício. A envolvente (interna e externa) divide-se em envolvente opaca e envolvente envidraçada, tal como a Imagem 13 demonstra.

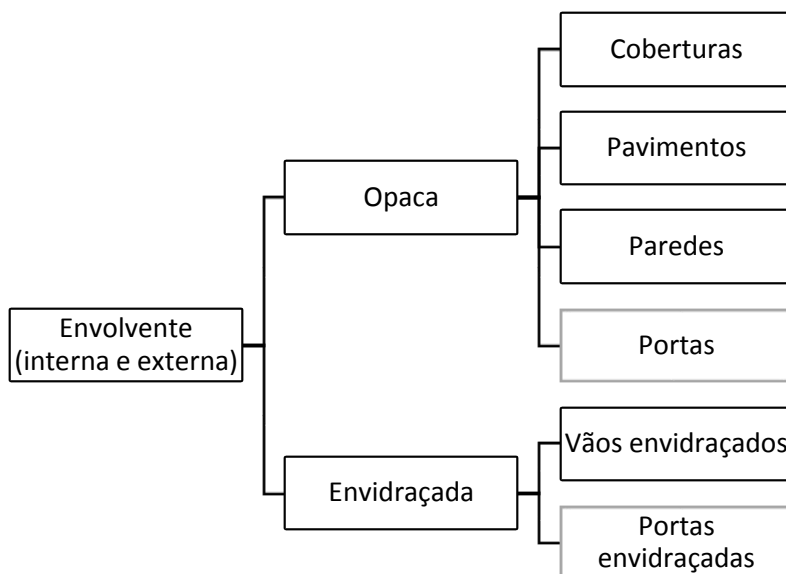


Imagem13 Envolvente Opaca e Envidraçada

Quando as portas apresentem uma área envidraçada superior a 25% da sua área total, estas devem ser incluídas na envolvente envidraçada (Imagem 13) e “tratadas globalmente como um vão envidraçado”. (Emprego, 2013d)

A imagem seguinte (Imagem 14) demonstra como é classificada a envolvente opaca e, consequentemente, os elementos que a compõem.

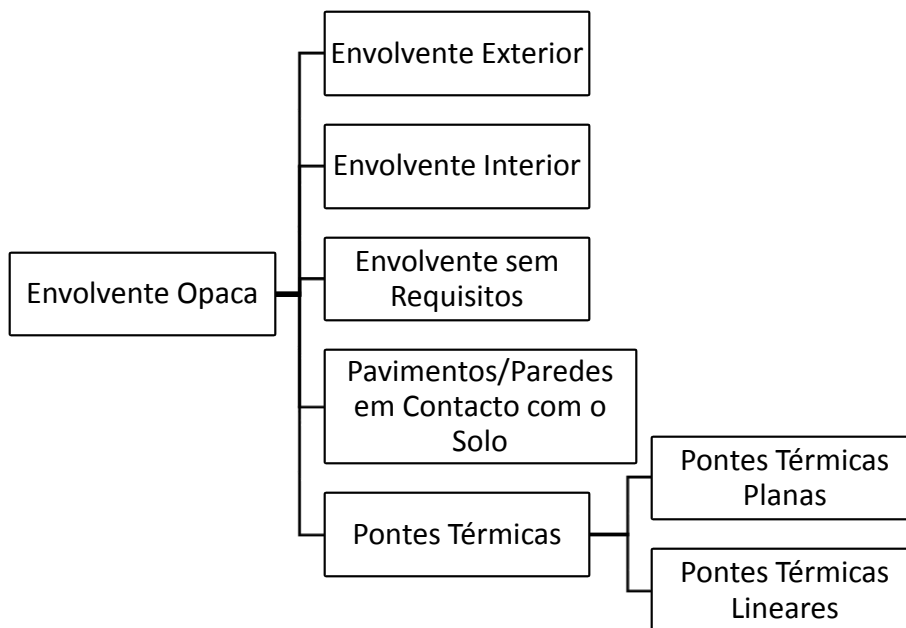


Imagem14 Classificação da Envolvente Opaca

Na Imagem 15 é possível obter-se uma ideia visual desta classificação da envolvente opaca.

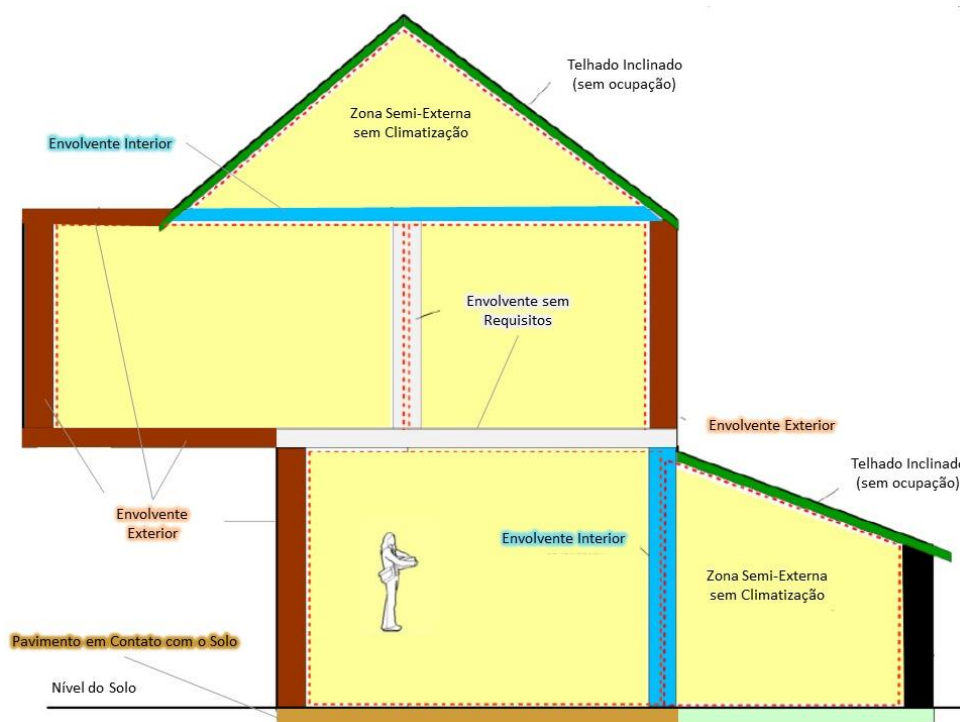


Imagem15 Marcação da Envolvente Opaca (DesignBuilder, 2014b)

Os elementos construtivos classificados como envolvente exterior separam as zonas interiores do edifício (com ocupação e climatização) das zonas exteriores; os classificados como envolvente interior separam zonas interiores do edifício das zonas semi-externas (zonas interiores do edifício sem ocupação e climatização); aqueles que são classificados como envolvente sem requisitos fazem a separação entre zonas interiores do edifício; por fim, os elementos construtivos classificados como em contato com o solo separam zonas interiores do edifício das zonas exteriores quando o exterior em contato com os elementos construtivos é o solo (por exemplo, pavimento de pisos térreos ou ao nível do solo, pavimento e paredes de pisos abaixo do solo ou subterrâneos, entre outros). A classificação envolvente sem requisitos, como o próprio nome indica, corresponde a elementos construtivos que, dada a similaridade das zonas por eles separadas e as insignificantes trocas de calor entre estas zonas, não lhes são aplicáveis quaisquer requisitos de desempenho energético. O que pressupõem que a restante classificação da envolvente opaca encontra-se sujeita a requisitos de desempenho energético. No âmbito da SD, os elementos construtivos classificados como envolvente sem requisitos são só relevantes para a inércia térmica do edifício. Pela análise da Imagem 14 e da Imagem 15 facilmente se compreende o que fora explicado.

Assim, no âmbito da SD, é fundamental realizar o levantamento da envolvente interna e externa diferenciando a envolvente opaca da envidraçada (Imagem 13). No levantamento da envolvente opaca do edifício em análise deve-se ter em conta a sua classificação (Imagem 14), sendo importante a marcação da envolvente. A marcação da envolvente nada mais é do que a identificação e classificação da envolvente opaca, tal como demonstra a Imagem 15. Para facilitar a marcação da envolvente, pode-se fazer corresponder uma cor a cada classificação e nessa cor marcar o elemento construtivo da envolvente opaca a classificar (tal como na Imagem 15 a cor azul corresponde à envolvente interna, por exemplo). No âmbito da

marcação da envolvente surge o levantamento das opções construtivas, dos materiais que constituem os elementos construtivos e suas características térmicas. (Martins, Nelson, 2014a, 2014b) No caso específico da envolvente envidraçada é fundamental saber-se: qual o tipo de caixilharia (alumínio, madeira, PVC (*Polyvinyl Chloride* ou, em português, Cloreto de Polivinilo), entre outros), se esta possui ou não isolamento térmico (corte térmico); qual a cor (incolor, colorido ou refletante), a textura (liso ou texturado), o tipo (simples, duplo ou triplo), entre outras características (vidro laminado, temperado, entre outras) do envidraçado; se existem ou não dispositivos de proteção solar (portadas, persianas, estores, lonas, cortinas, etc.) e, a existirem, qual a disposição destes (interior e/ou exterior). (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2014c) Das características térmicas destaca-se o coeficiente de transmissão térmica superficial (U) dos elementos construtivos, o coeficiente de absorção da radiação solar da superfície exterior da envolvente opaca (α ou α) e o fator solar (g) dos vãos envidraçados. Características da dimensão dos elementos construtivos, como a espessura (e ou l) dos materiais que os constituem, as áreas destes elementos, a percentagem de vão envidraçado nas fachadas onde estes se encontram instalados (peso da área do vão na área da fachada), entre outras, vão ao encontro das características da volumetria do edifício que serão descritas no desenrolar da presente subsecção.

O U “de um elemento caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que este separa”. (Emprego, 2013j) A equação (8) apresenta a sua fórmula de cálculo base. (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2008c)

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{si}} + \sum \frac{R_j}{l_j} + \frac{1}{h_{se}} \quad (8)$$

R_{si} e R_{se} representam respetivamente as resistências térmicas superficiais interior e exterior do elemento construtivo, R_j a resistência térmica do material ou camada j constituinte do elemento construtivo, l_j a espessura do material ou camada j e λ_j a condutividade térmica do material ou camada j. (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2008c) Os valores das resistências térmicas e condutividade térmica são definidos de acordo com normas europeias em vigor ou com as publicações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). (Emprego, 2013j) Só a envolvente envidraçada e os elementos construtivos da envolvente opaca classificados como em contato com o solo apresentam algumas exceções a esta metodologia. (Emprego, 2013j) O coeficiente de transmissão térmica de elementos envidraçados (U_w) deve ter em conta o coeficiente de transmissão térmica global de um vão envidraçado, sendo que este último depende das propriedades térmicas do vidro e do caixilho, da ligação entre estes, da existência ou não de dispositivos de proteção solar (resistência adicional à transmissão térmica), assim como da própria geometria e tipologia do vão. (Emprego, 2013j) Os coeficientes de transmissão térmica de elementos em contacto com o solo (U_{bf} e U_{bw}) determinam-se em função da dimensão característica do pavimento (B'), da resistência térmica de todas as camadas do pavimento (R_f), à exceção das resistências superficiais, e da largura ou profundidade do isolamento (D), no caso de pavimentos em contato com o solo (U_{bf}), ou em função da resistência térmica da parede (R_w), à exceção das resistências superficiais, e da profundidade média enterrada da parede (z), no caso de paredes em contacto com o solo (U_{bw}). (Emprego, 2013j)

O α , necessário ao cálculo dos ganhos solares na estação de arrefecimento, deve ser determinado em função da cor do revestimento da superfície exterior do elemento conforme a Imagem 16 exemplifica. (Emprego, 2013j) Este coeficiente só é aplicável aos elementos construtivos classificados como envolvente exterior com exposição solar, isto é, paredes e coberturas.

Cor	a
Clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro)	0,4
Média (vermelho-escuro, verde-claro, azul claro)	0,5
Escuro (castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro)	0,8

Imagem16 Coeficiente de Absorção da Radiação Solar da Superfície Exterior da Envolvente Opaca

O g consiste na relação entre a energia solar transmitida para o interior do edifício através da envolvente envidraçada e a radiação solar que nela incidente. (Emprego, 2013a) Assim, o fator solar global (g_T) tem em conta o fator solar do vidro, para uma incidência solar normal ao vão, (g_{TVC}) e o fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados (g_{TVc}). (Emprego, 2013j) Isto é, g_T corresponde somente ao vidro e o g_{TVc} corresponde ao conjunto do vão com o dispositivo de proteção solar. (Martins, Nelson, 2008e) No pacote legislativo do SCE podem-se encontrar valores correntes para g_{TVC} e g_{TVc} , porém o fabricante deve fornecer o valor do g_T . (Emprego, 2013j) g_T é um dos parâmetros relevantes para o cálculo dos ganhos solares. (Martins, Nelson, 2008b) O fator de obstrução dos vãos envidraçados (F_s) e a inércia térmica (I_t) também são relevantes para os ganhos solares. (Martins, Nelson, 2008b) F_s representa a redução na radiação solar que incide nos vãos envidraçados devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos – obstruções exteriores ao edifício (outros edifícios, orografia, vegetação, etc.) e/ou obstruções criadas por elementos do edifício (outros corpos do mesmo edifício, palas, varandas, elementos de enquadramento do vão externos à caixilharia, etc.). (Emprego, 2013j) A equação (9) apresenta o método de cálculo do F_s . (Emprego, 2013j)

$$(9)$$

F_h representa o fator de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício ou edifícios vizinhos; F_o representa o “fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas”; e F_v o “fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício”. (Emprego, 2013j) A determinação de F_h depende do ângulo do horizonte (α), da latitude da localização do edifício em análise (para Portugal continental considera-se 39°) e da orientação do elemento construtivo da envolvente envidraçada em causa. (Emprego, 2013j) α consiste no “ângulo entre o plano horizontal e a reta que passa pelo centro do envidraçado e pelo ponto mais alto da maior obstrução existente entre dois planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao envidraçado” (Imagem 17). (Emprego, 2013j)

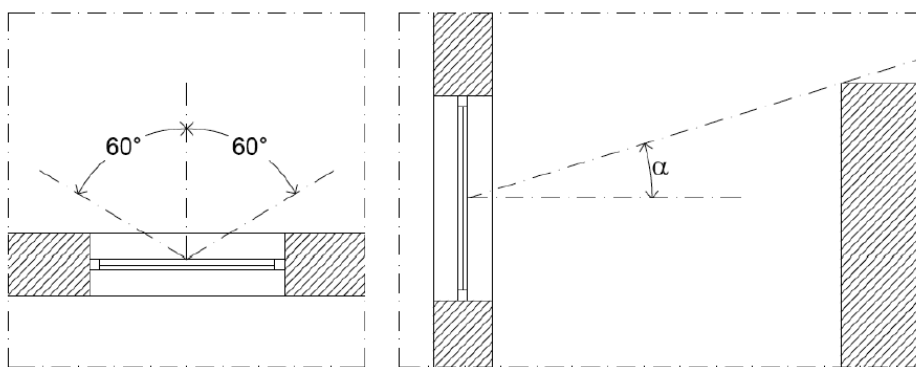


Imagem17 Ângulo do Horizonte (à esquerda em planta e à direita em corte)

Depois de obtido o valor de α e conhecidas a latitude do local e a orientação do elemento envidraçado, pode-se determinar F_h por recurso à tabela 15 constante no despacho número 15793-K para a estação de aquecimento (para a estação de arrefecimento F_h toma o valor 1). (Emprego, 2013j)

A determinação de F_o e F_f depende do ângulo da obstrução (Imagem 18 e Imagem 19), da latitude da localização do edifício em análise e da orientação do elemento construtivo envidraçado em causa. (Emprego, 2013j) A determinação de F_f depende adicionalmente da posição da obstrução (à esquerda ou à direita do vão envidraçado). (Emprego, 2013j) Depois de determinados estes parâmetros, pode-se determinar F_o e F_f por recurso às tabelas 16 a 19 constantes no despacho número 15793-K. (Emprego, 2013j) Caso existam obstruções verticais à esquerda e à direita do mesmo vão envidraçado, F_f será igual ao produto dos fatores relativos aos ângulos provocados por cada uma das obstruções. (Emprego, 2013j)

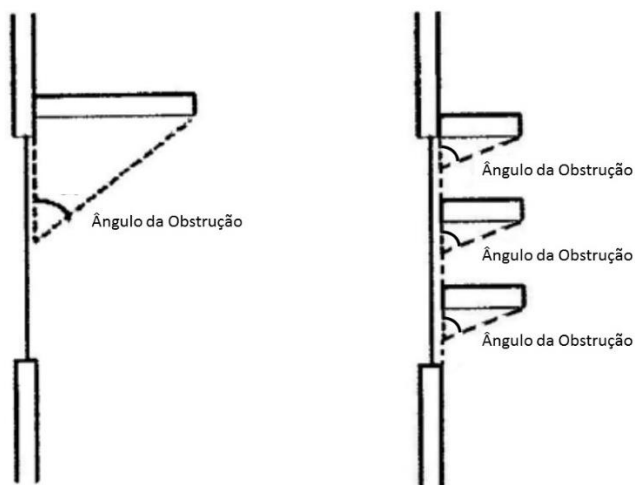


Imagem18 Ângulo da Obstrução para F_o (Ministério das Obras Públicas, 2006b)

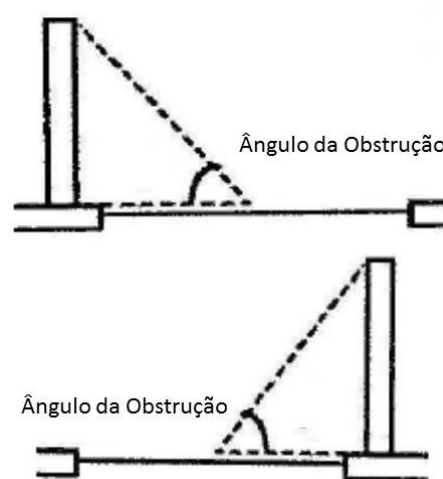


Imagem19-Ângulo da Obstrução para F_f (Ministério das Obras Públicas, 2006b)

Conforme a Imagem 18 e a Imagem 19 demonstram o ângulo da obstrução consiste no ângulo entre o plano vertical ou horizontal do vão envidraçado (F_o e F_f , respetivamente) e a reta que passa pelo centro do envidraçado e pelo ponto da extremidade (comprimento) da obstrução existente. (Martins, Nelson, 2008e;

Ministério das Obras Públicas, 2006b) Para finalizar, é importante referir que os dispositivos de sombreamento (palas ou outros obstáculos aqui referidos para o cálculo de F_s) e os dispositivos de proteção solar (portadas, persianas, estores, lonas, cortinas, etc.) são conceitos diferentes, representando assim conjuntos de elementos também eles diferentes.

Tal como é perceptível na Imagem 14, as pontes térmicas encontram-se intimamente relacionadas com a envolvente dos edifícios. A envolvente não é uniforme em termos das características térmicas, nomeadamente no que toca às taxas de transferência de calor. (Valério, 2007) Existem zonas particulares da construção com superiores taxas de transferência de calor, estas zonas tomam a designação de pontes térmicas. (Valério, 2007) Existem dois tipos de pontes térmicas: as pontes térmicas planas (PTP) ou geométricas e as pontes térmicas lineares (PTL) ou estruturais. A Imagem 20 demonstra os locais onde as pontes térmicas se manifestam.

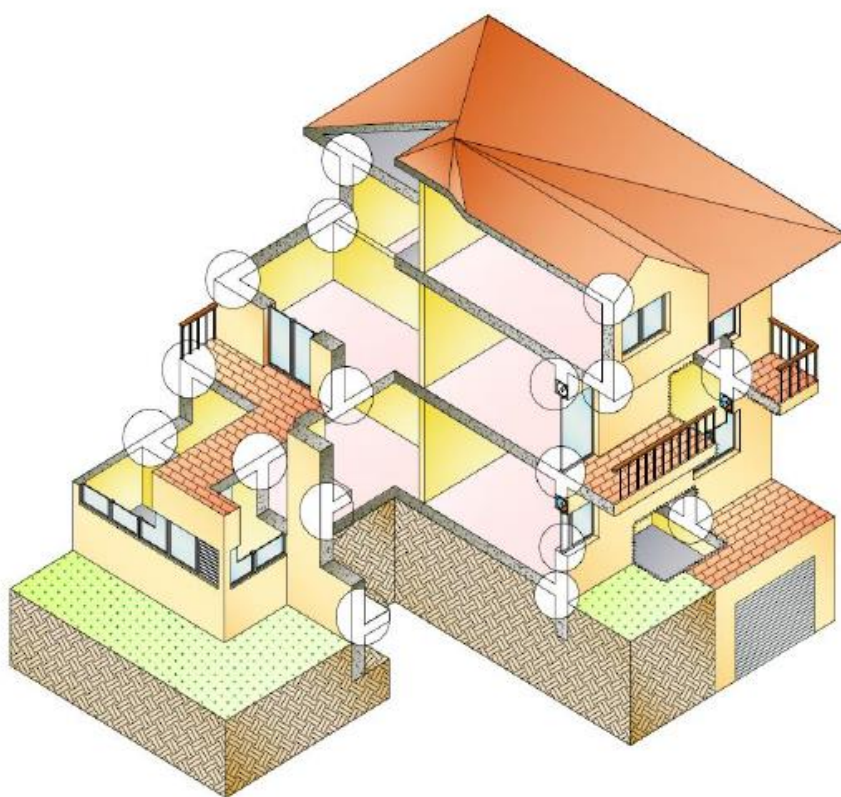


Imagem 20 Pontes Térmicas (TeCons, 2011)

Tal como a Imagem 20 demonstra as pontes térmicas nos edifícios podem ocorrer devido à existência de elementos estruturais ou a ligações entre elementos construtivos, entre outros casos. Assim e apesar de fazerem parte da classificação da envolvente opaca (Imagem 14), as pontes térmicas também ocorrem nas ligações da envolvente envidraçada com as caixas de estore ou outros elementos estruturais. (Valério, 2007) As PTL possuem um fluxo térmico bidimensional ou tridimensional (Imagem 21) e correspondem frequentemente à ligação de dois elementos construtivos exteriores. As PTP definem-se como heterogeneidades inseridas em zona corrente da envolvente exterior ou interior em contacto com espaços não úteis (pilares e talões de viga, por exemplo) e possuem um fluxo unidimensional (Imagem 21). “Em rigor,

zonas de pontes térmicas planas também envolvem, nas zonas de contacto com as zonas correntes, pontes térmicas lineares”. (Valério, 2007)

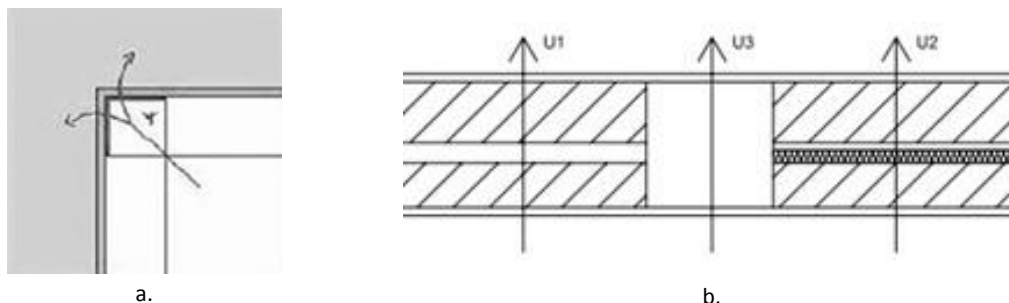


Imagem21 Fluxo Térmico das PTL (a.) e das PTP (b.) [s.d.]; TISEM, 2012)

As perdas e ganhos de calor pela envolvente afetam significativamente os consumos energéticos para climatização. Assim, dada a relação direta entre o consumo energético para climatização e as características da envolvente, as pontes térmicas têm peso nas trocas de calor através da envolvente – representam aproximadamente 20% das perdas energéticas. (Valério, 2007) Para além disto, as pontes térmicas têm também um impacte importante no conforto, salubridade e nas patologias da construção. (Valério, 2007) Este impacte é fruto da assimetria de temperaturas (temperaturas superficiais interiores baixas), consequência da concentração de perdas de calor. (ITeCons, 2011; Valério, 2007) A diminuição da temperatura, “associada a uma baixa taxa de renovação de ar (R_{ph}) no interior e a baixos níveis de radiação solar, é responsável pela ocorrência de condensações superficiais, podendo assim potenciar o aparecimento de patologias construtivas nomeadamente, o desenvolvimento de manchas, fungos e bolores, fissurações e degradação dos revestimentos”. (ITeCons, 2011) Para se contabilizar as PTL existem dois importantes parâmetros térmicos: o coeficiente de transmissão térmica linear da PTL j (Ψ_j) e o desenvolvimento linear da PTL j (B_j). (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2008c) O valor de Ψ_j deve ser determinado de acordo com normas europeias em vigor ou com a tabela 07 do despacho número 15793-K. (Emprego, 2013j) Os desenhos de pormenor, dos quais é exemplo a Imagem 21, são uma ferramenta bastante útil na identificação e caracterização de pontes térmicas, porém nem sempre existe este tipo de desenhos. (Martins, N. and Araújo, 2013) No caso de não ser possível identificar e caracterizar as pontes térmicas, as PTL “podem ser consideradas mediante majoração global, em 5%,” das N_{ic} do edifício e as PTP “mediante majoração, em 35%, do valor” do U das paredes exteriores do edifício. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

A I_t , à semelhança das pontes térmicas, também se encontra relacionada com a envolvente de edifícios. A I_t consiste na “capacidade de armazenamento e restituição de calor” dos elementos construtivos dos edifícios. (Martins, Nelson, 2008b, 2014b) Os elementos absorvem e libertam calor, variando assim a temperatura no seu interior. A inércia térmica é a resistência oferecida pelos elementos a essa tentativa de variação da temperatura. Assim, na estação de aquecimento a I_t tem influência nos ganhos solares e internos, contribuindo para a diminuição das N_{ic} ; na estação de arrefecimento, apesar da resistência dos elementos ao aumento da temperatura, a I_t pode também contribuir para o aumento das N_{vc} . (Martins, Nelson, 2008b) A I_t pode-se classificar como fraca ($I_t < 150 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), média ($150 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2} \leq I_t < 400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) e forte ($I_t \geq 400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$). (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2008b) Mediante esta classificação o parâmetro que traduz a influência da inércia térmica (a) toma o valor 1,8 para I_t fraca, 2,6 para I_t média e 4,2 para I_t forte. (Emprego, 2013j) O cálculo da I_t depende fundamentalmente da massa superficial útil de cada elemento (m_{su}). (Emprego, 2013j;

Martins, Nelson, 2008b, 2014b) Por sua vez, a “é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento e do isolamento térmico e das características das soluções de revestimento superficial”; conforme previsto no despacho número 15793-K. (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2008b) Ao contrário da marcação da envolvente que tem por objetivo “determinar superfícies de transferência de calor”, a I_t tem por objetivo identificar as “superfícies de armazenamento de calor” e quantificar a capacidade desse armazenamento. (Martins, N. and Araújo, 2013) Dada a influência das pontes térmicas e da I_t nas necessidades energéticas, é fulcral que a SD leve em conta o impacto destes parâmetros no edifício em análise.

As características da volumetria consistem na descrição funcional dos espaços existentes (tipologia dos espaços) e na descrição da geometria do edifício em análise. (Martins, N. and Araújo, 2013; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Ao nível da geometria é fundamental o conhecimento da área interior útil de pavimento (A_p) do edifício, do número de pisos existentes, do pé-direito (P_d) (altura) de cada piso e/ou espaço, da I (espessura) dos materiais que constituem os elementos construtivos do edifício, das áreas desses elementos (áreas em contacto com o solo e as áreas totais do pavimento, da envolvente vertical e horizontal, interna e externa, opaca e envidraçada), da percentagem de vão envidraçado nas fachadas onde estes se encontram instalados (peso da área do vão na área da fachada), entre outros parâmetros. (Martins, N. and Araújo, 2013; Martins, Nelson, 2014a; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Segundo o SCE, no âmbito do RECS, para o cálculo da A_p “considera-se o somatório da área de pavimento de todas as zonas térmicas do edifício ou fração, desde que tenham consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização”. (Emprego, 2013a) Assim, no âmbito do RECS, a A_p engloba todos os espaços interiores nos quais exista consumo de energia elétrica ou térmica. Esta condição tem impacto na caracterização dos espaços que compõe o edifício - espaço interior útil, espaço complementar e espaço condicionado. A caracterização dos espaços vai ao encontro da descrição funcional dos espaços existentes, que, por sua vez, permite o zoneamento do edifício. Pela análise do RECS, conclui-se que o espaço interior útil, ou Zona Útil (ZU), é aquele no qual ocorre “consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização”. (Emprego, 2013a) Assim, o espaço interior útil, que é o contrário de espaço interior não útil ou Zona Não Útil (ZNU), representa espaços com ambientes (interiores) diferentes do ambiente exterior do edifício abrangendo tanto espaços com ambientes interiores de referência como espaços com condições interiores compreendidas entre o ambiente exterior e o interior de referência (zonas semi-externas; Imagem 15). O espaço interior não útil representa todo e qualquer espaço no qual não exista nenhum tipo de consumo de energia elétrica ou térmica, não existindo assim sistema de climatização ou outro qualquer sistema técnico. O espaço complementar define-se como o espaço “sem ocupação humana permanente atual ou prevista e sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente, incluindo cozinhas, lavandarias e centros de armazenamento de dados”. (Emprego, 2013a) A determinação da qualidade de GES depende desta definição, uma vez que GES consiste no edifício de comércio e serviços cuja A_p , “descontando os espaços complementares, iguale ou ultrapasse 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas”. (Emprego, 2013a) Por último, o espaço condicionado define-se como o “espaço no qual certos parâmetros ambientais, nomeadamente a temperatura e a humidade, são regulados por meios técnicos como o aquecimento, o arrefecimento, etc.” (Comissão, 2012) Ou seja, todos os espaços nos quais exista algum tipo de climatização são considerados espaços condicionados. Os Locais Não Aquecidos (LNA), ou espaços não condicionados e portanto o contrário de espaços condicionados, podem ser espaços interiores não úteis como também espaços interiores úteis. Os LNA são as denominadas zonas semi-externas separadas das zonas interiores climatizadas pela envolvente interior. (Martins, Nelson, 2008c) Alguns exemplos de LNA são: garagens; armazéns, arrumos e arrecadações com aberturas para o exterior; lavandarias; marquises e varandas fechadas; estufas ou solários; sótãos e

caves não habitados; e zonas de circulação comuns a várias frações autónomas. (Martins, Nelson, 2008c) Estes espaços possuem a particularidade de serem “destinados a usos para os quais a presença humana não é significativa”. (Emprego, 2013a)

O zoneamento térmico do edifício, conforme o nome indica, consiste em organizar as diferentes divisões ou compartimentos do edifício em análise por Zonas Térmicas (ZT). ZT define-se como “o espaço ou conjunto de espaços passíveis de serem considerados em conjunto devido às suas similaridades em termos de perfil de utilização, iluminação e equipamentos, ventilação mecânica e sistema de climatização e, quanto aos espaços climatizados, igualmente devido às similaridades em termos de condições de exposição solar”. (Emprego, 2013a) No âmbito da SD, é importante descrever o edifício com o mínimo de ZT possíveis sem com isto comprometer a simulação. (Martins, N. and Araújo, 2013) Existem dois tipos de zoneamento: o zoneamento monozona e o multizona. (Martins, N. and Araújo, 2013) Intuitivamente percebe-se que o zoneamento monozona consiste em converter todas as divisões do edifício em análise numa única ZT enquanto o multizona converte as divisões no menor número possível de ZT, sendo este último o método mais detalhado e fiel à definição de ZT. (Martins, N. and Araújo, 2013) A Imagem 22 exemplifica estes métodos e o conceito de zoneamento térmico.

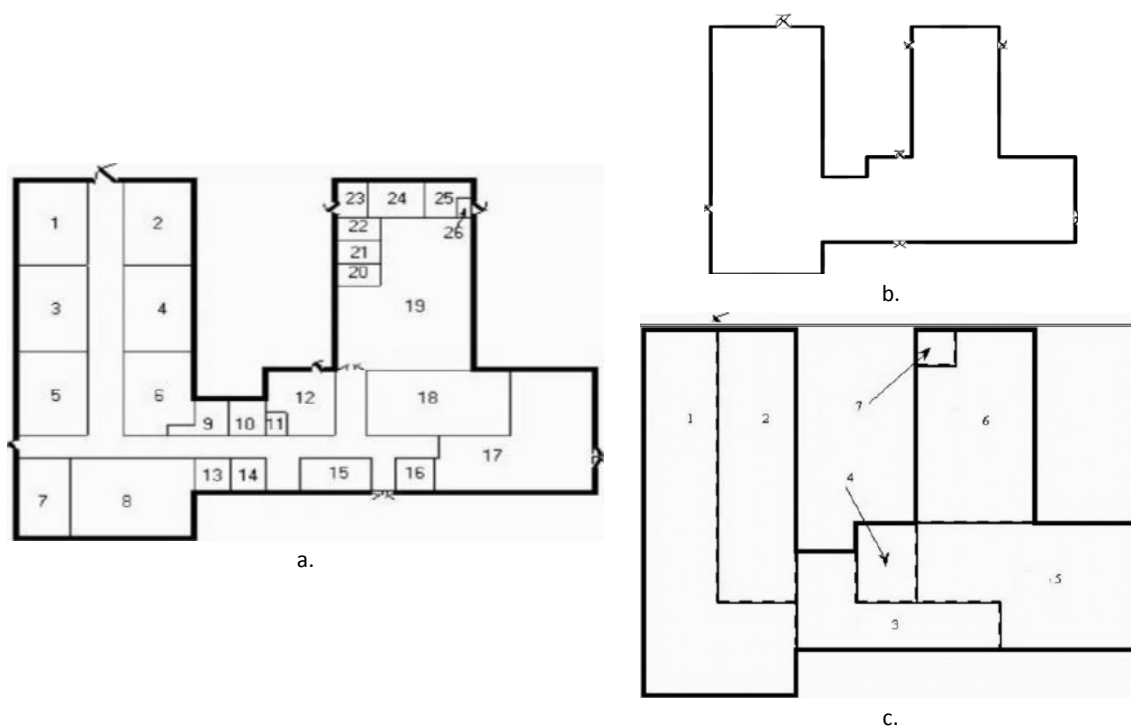


Imagem 22 Zoneamento Térmico. a. planta com as 26 divisões; b. zoneamento monozona; c. zoneamento multizona

Nesta imagem, apresenta à esquerda a planta de um edifício ou fração autónoma com as suas 26 divisões ou compartimentos e à direita os dois métodos de zoneamento térmico (em cima monozona e em baixo multizona). Pode-se verificar que, com o zoneamento multizona, foi possível agrupar-se as 26 divisões em 7 ZT. A organização das divisões em ZT é feita segundo os seguintes fatores: perfil de utilização; iluminação; equipamentos; ventilação; sistemas de climatização; e exposição solar. (Emprego, 2013a; Martins, N. and Araújo, 2013; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) As divisões que apresentarem similaridades nestes fatores podem ser agrupadas na

mesma ZT. (Emprego, 2013a; Martins, N. and Araújo, 2013) Ao nível do perfil de utilização é importante analisar as semelhanças em termos de ganhos internos (número de ocupantes e densidade de ocupação, principalmente); ao nível da iluminação os ganhos internos (potência e DPI), o tipo de sistema de iluminação (lâmpada e balastro) e o nível de E (iluminância); ao nível dos equipamentos os ganhos internos (potência e densidade de potência dos equipamentos); ao nível da ventilação os métodos (natural e/ou mecânica; insuflação e/ou extração), os ganhos e perdas térmicas (caudais mínimos de ar novo – Q_{AN}); ao nível dos sistemas de climatização o *setpoint* de aquecimento e arrefecimento (temperatura de regulação da climatização e temperatura pretendida no interior nas horas de atividade) e o tipo de equipamento (caldeira ou bomba de calor, *chiller*⁵ ou ar condicionado do tipo *split*, etc.); e ao nível da exposição solar os ganhos solares (orientação e sombreamento). (Comissão, 2012; Martins, N. and Araújo, 2013; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) Tendo em conta o que fora referido, os espaços interiores úteis não devem ser agrupados na mesma ZT de espaços interiores não úteis. Dada a natureza dos fatores a ter em conta no zoneamento térmico, este só é passível de ser realizado após efetuados os levantamentos dimensionais e operacionais, bem como a caracterização dos equipamentos e sistemas.

Na caracterização térmica dos elementos construtivos de edifícios deve-se preferencialmente utilizar peças escritas e desenhadas do projeto e/ou ficha técnica como fontes de informação. Em alternativa, pode-se recorrer a publicações de referência do LNEC ou a outras fontes reconhecidas pelo SCE; seguindo esta ordem hierárquica. (Emprego, 2013d) A recolha e apreciação dos dados a partir destas fontes de informação deve ser crítica e baseada em fotografias e medições, em caso de dúvida deve-se optar pelas soluções mais conservadoras. (Emprego, 2013d) O que fora referido também se aplica na caracterização térmica de outros elementos (não construtivos) e/ou sistemas de edifícios. Seguindo a mesma ordem de ideias e para finalizar, “o levantamento dimensional deve corresponder à realidade construída, devendo-se recorrer sempre à melhor informação disponível” – elementos de projeto devidamente atualizados e validados. (Emprego, 2013d) O que, mais uma vez, deve ser uma constante não só no levantamento dimensional, mas também no levantamento operacional e em todos os processos de recolha das características dos edifícios.

2.2.3. Levantamento Operacional

À semelhança do levantamento dimensional, o levantamento operacional também influencia a carga térmica do edifício, nomeadamente os fluxos térmicos devidos à ventilação e os ganhos térmicos internos. (Martins, Nelson, 2008b, 2008c) E, da mesma forma dos ganhos solares e das perdas por condução pela envolvente, as perdas devidas à renovação de ar e os ganhos internos afetam as necessidades energéticas do edifício. (Martins, Nelson, 2008c) Antes de explicar o peso destes fluxos térmicos, é importante introduzir o conceito de ventilação. De uma forma muito simplista, a ventilação consiste em introduzir ar no interior do edifício (insuflação) e/ou retirar o ar do interior do edifício (extração), sendo a renovação do ar interior o seu propósito máximo. O ar introduzido, ou ar insuflado, pode ser 100% proveniente do exterior ou pode ser uma mistura entre o ar do exterior e o ar do interior. Assim, na perspetiva do edifício os fluxos térmicos devidos à ventilação representam sempre, tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento, perdas, uma

⁵ Máquina ou dispositivo ou instalação hidrónica de grandes dimensões que garante o arrefecimento ambiente de edifícios através de processos de compressão de valor e absorção. (Martins, Nelson, 2013a)

⁶ Equipamento de pequenas dimensões que pode proporcionar o aquecimento e o arrefecimento de espaços (não em simultâneo) através de expansão direta. (Martins, Nelson, 2013a) O nome *split* deve-se ao facto de ser composto por duas unidades “separadas”, uma no exterior do edifício e outra no interior do espaço a servir.

vez que o ar insuflado provem total ou parcialmente do exterior e portanto as suas condições são semelhantes às do meio exterior, que por norma correspondem ao oposto das que se pretendem no interior do edifício. As perdas por ventilação devem-se à renovação do ar interior, mas também às infiltrações. (Martins, Nelson, 2008a) Uma vez que nenhum edifício é totalmente estanque, existem sempre infiltrações do ar exterior no interior do edifício através de frinchas e de aberturas (portas, janelas, etc.). (Martins, Nelson, 2008a) Para concluir, a ventilação pode ser natural, forçada, também mencionada como VM (ventilação mecânica), ou combinada, que consiste na conjugação da natural com a forçada. (Martins, Nelson, 2014d) Independentemente do modo como ocorre, a ventilação encontra-se fortemente interligada com a QAI. Os ganhos térmicos internos incluem qualquer fonte de calor situada no edifício em análise, nomeadamente, os ganhos de calor associados ao metabolismo, aos equipamentos e aos dispositivos de iluminação, excluindo claro o sistema de aquecimento. (Emprego, 2013h) Assim, os ganhos internos traduzem a densidade destas fontes de calor (densidade de ocupação, de iluminação e dos equipamentos) e, segundo a perspetiva do edifício, na estação de aquecimento representam ganhos e na de arrefecimento perdas. (Martins, Nelson, 2008b)

Os ocupantes e/ou utilizadores de edifícios além de contribuírem para os ganhos internos, também têm a sua cota parte de responsabilidade no que toca aos fluxos térmicos devidos à ventilação. Isto porque, a renovação do ar interior no sentido da QAI só é encarada como um propósito de máxima importância quando se fala em ocupação humana em edifícios. Ou seja, é maioritariamente no sentido de salvaguardar a saúde e o bem-estar dos ocupantes dos edifícios que a ventilação, por via da renovação do ar interior, deve garantir a manutenção dos Q_{AN} (caudais mínimos de ar novo) e os limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior. (Emprego, 2013a) Assim percebe-se o peso do fator humano na operação da ventilação, mas este peso não se restringe a estes sistemas. De uma forma global, os sistemas técnicos e equipamentos, bem como alguns elementos construtivos de edifícios, são influenciados direta ou indiretamente pelo fator humano, pois são operados no sentido de satisfazer a segurança, a produtividade e o conforto das pessoas e muitas vezes podem ser operados diretamente pelas pessoas, como por exemplo os vãos envidraçados e portas. Assim, o levantamento operacional, conforme o nome indica, refere-se à operação do edifício, que abrange todas as atividades, de todos os componentes de edifícios existentes, que se desenrolam no edificado em causa. A operação de um edifício, independentemente se se trata de um edifício habitacional ou de comércio e serviços, depende fortemente da sua ocupação. Por norma, excluindo edifícios com atividades especiais como armazéns industriais por exemplo, os edifícios existem para satisfazer as necessidades dos seus ocupantes e/ou utilizadores e são, portanto, para estes dirigidos. Um edifício no âmbito do RECS acresce a importância dos serviços que este oferece, ou seja, é fundamental perceber se se está perante um centro comercial, um edifício de escritórios ou um estabelecimento de ensino, entre outros. Os serviços que determinado edifício de comércio e de serviços oferece vão inevitavelmente influenciar a atividade e o comportamento dos ocupantes e/ou utilizadores desse mesmo edifício e, em cadeia, a ação destes usuários reflete-se na operação dos componentes de edifícios existentes. Posto isto, o levantamento operacional passa por recolher em primeiro lugar os serviços oferecidos pelo GES em análise, de seguida por caracterizar a ocupação do mesmo, identificar e localizar os sistemas técnicos e equipamentos existentes, bem como caracterizar a operação dos mesmos e de alguns dos elementos construtivos. O levantamento operacional é fundamental na e para a SD de edifícios.

Conhecer os serviços que o GES em análise oferece deve ser a primeira etapa a percorrer no levantamento operacional. Saber como o edifício opera auxilia a caracterização da ocupação humana e pode ser um ponto de partida para essa caracterização, que, como já foi referido, influencia grande parte dos componentes com impacto nas perdas devidas à ventilação e nos ganhos internos. A identificação dos serviços oferecidos pelo edifício em análise passa por classificá-lo corretamente, por exemplo numa das seguintes categorias: edifício de escritórios; estabelecimento de ensino; hospital; hotel e restaurante;

instalações desportivas; edifício destinado a serviços de comércio grossista e retalhista; ou outro tipo de edifícios que consomem energia. (Conselho, 2010a) Definir qual ou quais os horários de funcionamento do edifício e, quando aplicável, quais os períodos de interrupção para férias ou outras situações pode ser fundamental nesta primeira etapa do levantamento operacional, como introdução e suporte à posterior caracterização da ocupação.

Relativamente à caracterização da ocupação de determinado edifício, é fundamental conhecer-se o número de ocupantes de cada espaço ou de cada ZT e o padrão horário de utilização do espaço ou ZT por cada um dos seus ocupantes. Conhecendo estes parâmetros é possível criar os perfis de ocupação ou utilização para cada zona, que nada mais são do que as distribuições percentuais da ocupação por hora diferenciada por tipo de dia da semana. (Emprego, 2013a; Martins, N. and Araújo, 2013; Martins, Nelson, 2014a) É importante também conhecer-se o valor da densidade de ocupação de cada zona, nomeadamente no âmbito da SD. A densidade de ocupação pode ser rapidamente calculada tendo em conta o número de ocupantes e a área de pavimento dos espaços, tal como demonstra a equação que se segue.

$$\frac{\text{Número de ocupantes}}{\text{Área de pavimento}} = \rho \quad (10)$$

No âmbito da caracterização da ocupação deve-se também ter em conta o tipo de atividade executada pelos ocupantes em cada zona, bem como a idade e o género desses ocupantes. Estes parâmetros permitem determinar a taxa de metabolismo de cada ocupante (M ou M_i), que consiste no “calor produzido pelo corpo humano por unidade de área”. (Martins, Nelson, 2008d) Tal como mais à frente será descrito, estes parâmetros possuem especial relevância para a caracterização de sistemas técnicos de edifícios. De salientar que o tipo de atividade praticada pelos ocupantes e o tipo de espaço influenciam-se mutuamente, uma vez que a atividade que se pretende praticar pode “fazer” o espaço onde as mesmas se desencadearão, podendo alterar a sua tipologia, como reciprocamente o tipo de espaço pode implicar a prática de determinada atividade específica.

A caracterização dos componentes de edifícios com relevância para o levantamento operacional (sistemas técnicos, equipamentos e alguns elementos construtivos) é a etapa mais extensa, devido, principalmente, à longa variedade de sistemas técnicos disponibilizada e tipicamente existente em GES. Os componentes de edifícios com relevância para o presente levantamento consistem em todos os sistemas técnicos existentes e equipamentos, bem como os vãos envidraçados e as portas do conjunto dos elementos construtivos. Dos sistemas técnicos (Imagem 1) destacam-se os sistemas de iluminação e os sistemas AVAC, como sendo sistemas sempre ou quase sempre presentes na realidade dos GES. Os equipamentos compreendem computadores, impressoras, servidores, cozinhas, entre outros sistemas consumidores energia que não se enquadrem no conjunto dos sistemas técnicos de edifícios. Os vãos envidraçados e as portas apresentam relevância tanto para o levantamento dimensional, anteriormente descrito, como para o levantamento operacional. Para o presente levantamento, essa importância limita-se à caracterização da operação dos mesmos e portanto estes elementos serão explorados nesse sentido.

Os sistemas de iluminação (artificial) à semelhança de todos os componentes de edifícios tem como objetivo estabelecer condições de conforto, no sentido de satisfazer as necessidades dos ocupantes e/ou utilizadores; neste caso concreto satisfazer as necessidades de luz quando a iluminação natural não é suficiente. O sistema de iluminação pode ser composto por luminária, balastro, equipamento elétrico auxiliar, e lâmpadas. (Martins, Nelson, 2014e; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Cada luminária pode ser constituída por um balastro e por uma ou mais lâmpadas. Assim, no âmbito do levantamento operacional é fundamental identificar a presença de luminárias e de balastros nos sistemas de iluminação. Neste âmbito, é também importante conhecer-se alguns parâmetros do projeto luminotécnico do edifício em causa. (Martins, N. and Araújo, 2013; Martins, Nelson, 2014a)

Nomeadamente o tipo e a quantidade de lâmpadas existentes (incandescentes, fluorescentes, LED⁷, etc.), sendo também importante saber-se a disposição e a localização das mesmas. (Martins, N. and Araújo, 2013; Martins, Nelson, 2014a) Nos casos em que existam luminárias e balastros é necessário especificar qual a quantidade de lâmpadas por luminária e quantas luminárias por espaço. (Martins, Nelson, 2014e) A especificação do tipo de luminária (campânula, *downlight*, decorativa, etc.) e do tipo de balastro (eletrónico ou eletromagnético) não é um fator de especial importância para a SD, mas caso se conheça essa informação deve constar no levantamento operacional no sentido de uma recolha de dados completa. (Martins, Nelson, 2014e) Em conjunto com estes parâmetros luminotécnicos, é também importante conhecer-se o perfil de utilização dos sistemas de iluminação, ou seja, a distribuição percentual da utilização dos sistemas por hora diferenciada por tipo de dia da semana. (Emprego, 2013a; Martins, N. and Araújo, 2013) Dada a direccionalidade do desempenho dos componentes para os ocupantes ou utilizadores de edifícios, facilmente se compreende a existência de uma dinâmica idêntica entre os perfis de utilização dos componentes e os perfis de ocupação dos espaços. Isto é válido para a iluminação, como sistema técnico de edifícios, como para todos os restantes componentes de edifícios relevantes para o levantamento operacional. Para concluir, é importante verificar a existência de sistemas de controlo de iluminação. (Martins, Nelson, 2014e) Estes sistemas são relevantes para o presente levantamento, uma vez que condicionam o perfil de utilização dos sistemas de iluminação. Os sensores de presença humana e as células crepusculares (em função do nível de E garantido pela iluminação natural) são alguns exemplos destes sistemas. (Martins, Nelson, 2014e)

Os sistemas AVAC são os sistemas técnicos de edifícios responsáveis pelos processos e sistemas de aquecimento e arrefecimento, ventilação, humedificação e desumidificação. (Martins, Nelson, 2013a) Os processos e sistemas de distribuição e utilização “terminal” associados aos sistemas AVAC também possuem interesse para o levantamento operacional. (Martins, Nelson, 2013a) Posto isto, os sistemas AVAC devem garantir a climatização de edifícios no sentido da geração e da conservação das condições interiores de conforto térmico e salubridade do ar interior. (Martins, Nelson, 2013b) A ventilação, tal como já foi referido, é um processo de especial importância, tendo em conta o seu papel relativamente à renovação do ar e à QAI. (Martins, Nelson, 2013a, 2013b, 2014f) Assim, a ventilação pode atuar no sentido de eliminar poluentes, odores corporais, humidade (bolores e bactérias) e calor indesejados, naturalmente resultantes da ocupação humana e material do edifício. (Martins, Nelson, 2013b) Ventilação e climatização podem ser indissociáveis ou pode existir um desacoplamento da climatização relativamente à ventilação. (Martins, Nelson, 2013a, 2014f) Neste sentido, é fundamental perceber qual a opção (ou opções) presente na tecnologia AVAC do edifício em análise. (Martins, Nelson, 2013a, 2014f) As opções mais comuns são os sistemas tudo-ar (STA), hidráulicos e de expansão direta (DX). (Martins, Nelson, 2013a, 2014f) Nos STA “todo o aquecimento, arrefecimento e controlo de humidade é efetuado através do ar fornecido ao espaço a condicionar”, logo a ventilação e a climatização são indissociáveis e componentes como unidades de tratamento de ar (UTA ou AHU, em inglês *air handling unit*), filtros, ventiladores, condutas e difusores integram os sistemas AVAC. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2013c, 2014f) Ao contrário dos STA, nos sistemas hidráulicos e de DX existe um desacoplamento da climatização relativamente à ventilação. (Martins, Nelson, 2013a, 2014f) Os sistemas hidráulicos ou tudo-água utilizam como forma de climatizar o espaço a distribuição de água quente e/ou fria por redes de tubagens até unidades terminais do tipo ventiloconvectores, radiadores, entre outras; sendo a circulação da água nestas unidades (Imagem 23 e Imagem 24) que permite ceder ou retirar energia ao espaço a condicionar. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f) O que fora referido permite concluir que a renovação do ar e a QAI não são garantidas por este tipo de sistema (não há insuflação de ar novo) e que componentes como bombas, tubagens e válvulas são parte integrante do sistema AVAC em causa. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f)

⁷ LED – *Light Emitting Diode*



Imagem23 Ventiloconvetor

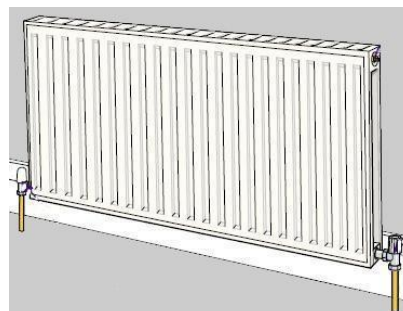


Imagem24 Radiador

Os sistemas de DX ou tudo-frigorigénio de uma forma geral são equivalentes aos sistemas tudo-água à exceção do fluido circulante utilizado, que nos sistemas hidráulicos é a água e nos de DX é o frigorigénio (denominação dada a fluidos usados para o arrefecimento). (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f) A expansão é um processo que por norma precede um processo de compressão e caracteriza-se pela diminuição de pressão, que fora anteriormente elevada como consequência do processo de compressão. O termo “direta” consiste na descrição do modo como a transferência de calor ocorre, ou seja, a expressão “expansão direta” significa que a troca de calor entre o frigorigénio (a elevada pressão) e o ar a climatizar, por exemplo, ocorre diretamente, sem ser utilizado outro fluido intermediário (água ou outro fluido). (Ferreira, J. A., 2010) O calor “transferido” resulta no aumento da temperatura do frigorigénio, que em conjunto com o aumento da pressão são consequências do processo de compressão (ciclo de compressão de vapor). (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f) Nas situações em que é utilizado um fluido intermediário o processo toma a designação de expansão indireta. (Ferreira, J. A., 2010) As unidades de ar condicionado (AC) do tipo *split* ou *multi-split* muito comuns na climatização de edifícios, são exemplo deste tipo de sistema. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f) No interior do espaço a condicionar encontra-se o evaporador (unidade interior) e no exterior do edifício o grupo compressor-condensador (unidade exterior), tal como demonstram a Imagem 25, a Imagem 26 e a Imagem 27. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f) As unidades de AC deste tipo consomem eletricidade.



Imagem25 AC Split do tipo Mural



Imagem27 AC MultiSplit do tipo Cassete 4 Via



Imagem26 Típica Disposição dos AC Split

Dos três tipos de sistemas apresentados os STA são os mais complexos, fruto da junção das várias vertentes da tecnologia AVAC num só sistema. A Imagem 28 apresenta o princípio base de funcionamento

deste tipo de sistema, que se resume à insuflação de ar exterior “tratado” na zona a condicionar por ação de ventiladores. (Martins, Nelson, 2013c)

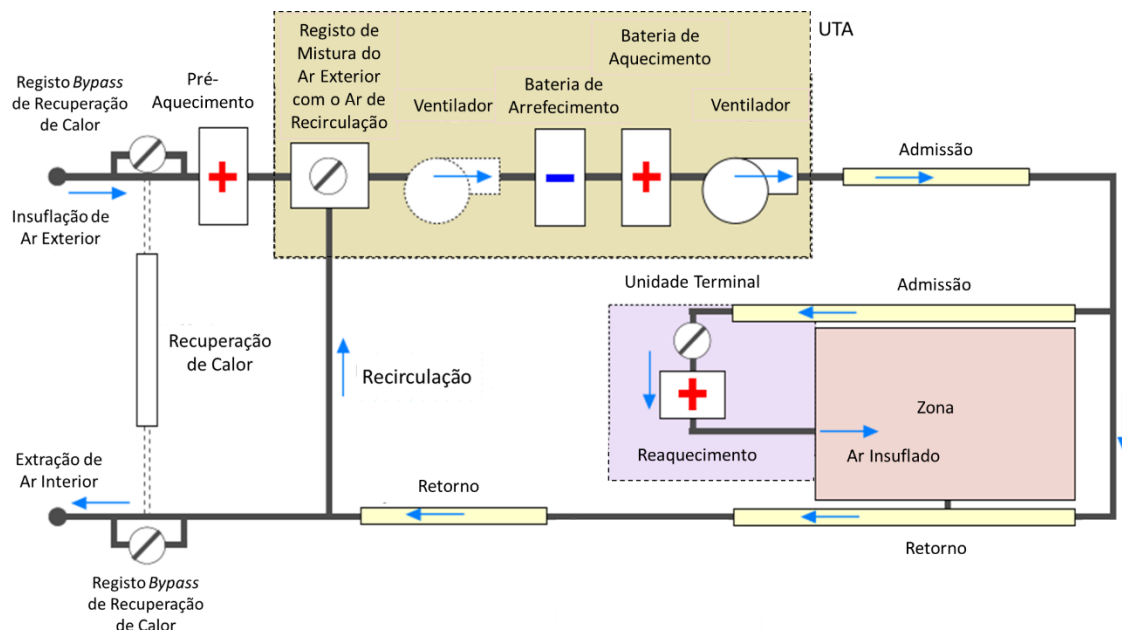


Imagem28 Princípio de Funcionamento do VMRC (DesignBuilder, 2014c)

O ar exterior a introduzir na zona a condicionar é encaminhado mecanicamente (ação de ventiladores) e através de condutas até à UTA. Na UTA o ar exterior é em primeiro lugar limpo e de seguida temperado (arrefecido ou aquecido), enquanto é forçado a circular através, respetivamente, dos filtros e das baterias de arrefecimento e aquecimento. (Ferreira, J. A., 2010) O ar exterior é filtrado para que o maior número possível de contaminantes seja, por mecanismos de captação dos filtros, eliminado do ar a introduzir na zona e é arrefecido ou aquecido consoante a temperatura ambiente desejada na zona, sendo que o arrefecimento pode ocorrer com desumidificação e o aquecimento com humidificação mediante os componentes que a UTA incorporar. (Martins, Nelson, 2013a, 2013b, 2014f) O ar exterior só chega à zona após este tratamento. A recuperação de calor e a recirculação de ar, identificadas na Imagem 28, são processos opcionais. A recuperação de calor consiste no aproveitamento de energia do ar extraído para aquecer ou arrefecer o ar exterior a insuflar e a sua inclusão é bastante recomendada. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2008a) Este aproveitamento ocorre maioritariamente através do cruzamento indireto do ar exterior a insuflar com o ar de exaustão, tal como demonstra a Imagem 29. (Martins, Nelson, 2008a) O aproveitamento de energia através do cruzamento direto destes fluxos de ar requer cuidados relacionados com a recirculação de ar. (Martins, Nelson, 2008a)

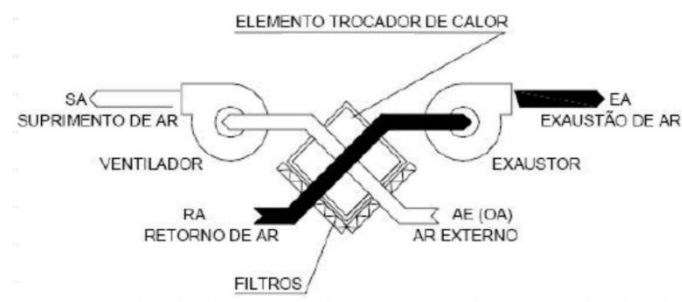


Imagem29 Recuperação de Calor associada à ventilação

A recirculação de ar consiste no aproveitamento de determinada quantidade do ar de retorno, quando este reúna as condições de salubridade necessárias. Antes de ser readmitido, este ar é misturado com o ar novo (ar proveniente do exterior) na câmara de mistura a que o registo de mistura dá acesso. A recirculação de ar não é tão popular como a recuperação de calor e requer alguns cuidados no tratamento do ar, não sendo portanto dada especial relevância ao aproveitamento de energia por esta via. No sentido da salubridade do ar interior, o ar readmitido “não deve ser proveniente de instalações sanitárias, cozinhas, arrecadações, parques de estacionamento, espaços com fumadores e outros espaços com fontes de contaminação identificadas.” (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) Quando não existe recirculação de ar, a unidade de tratamento deixa de ser uma UTA e passa a designar-se UTAN (Unidade de Tratamento de Ar Novo), dada a insuflação de 100% ar novo. Os filtros não se encontram ilustrados na Imagem 28, porém devem ser instalados na UTA antes das baterias de arrefecimento e aquecimento, para que o ar a insuflar atravessasse os filtros e só depois as baterias. As baterias de arrefecimento e aquecimento são alimentadas por um fluido ou vetor (tipicamente água ou ar) proveniente de unidades de geração de energia térmica. (Ferreira, J. A., 2010) Após receberem o fluido em condições favoráveis à climatização desejada, as baterias proporcionam o arrefecimento ou aquecimento do ar a admitir na zona a condicionar. (Ferreira, J. A., 2010) A geração de energia térmica ocorre graças a equipamentos como *chillers*, bombas de calor (BC), caldeiras, entre outros. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f) Para concluir, é importante referir que os STA podem operar com caudal constante ou com caudal variável e podem controlar uma só zona (sistema mono-zona) ou várias em simultâneo (sistema multi-zona). (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013c) Tipicamente, o STA mono-zona opera com caudal de ar constante ou, em inglês, *constant air volume* (CAV) e o sistema multi-zona com caudal de ar variável ou volume de ar variável (VAV) ou, em inglês, *variable air volume* (VAV), embora o sistema mono-zona possa operar com VAV e o multi-zona com CAV. (Martins, Nelson, 2013c) Sistemas com CAV possuem um funcionamento em contínuo, nomeadamente o funcionamento dos ventiladores, e caracterizam-se por fornecerem ar a temperatura diferente consoante as necessidades do espaço ou espaços a condicionar. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013c) Nos sistemas com VAV a temperatura do ar de insuflação é mais ou menos constante, sendo as necessidades colmatadas através da variação do caudal de ar a admitir no espaço ou espaços. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013c) É comum existir reaquecimento terminal, na unidade terminal de cada espaço, em sistemas com VAV, sendo que em sistemas com VAV multi-zona o reaquecimento é acompanhado de equipamentos de regulação de caudal como, por exemplo, difusores reguláveis. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013c) O reaquecimento terminal consiste em fornecer calor ao caudal de ar após o tratamento inicial, através da instalação de baterias de aquecimento nas condutas de diferentes espaços. (Ferreira, J. A., 2010) Os sistemas descritos são sistemas a uma conduta, nos quais o ar tratado circula numa só conduta até ao espaço ou espaços a condicionar; os sistemas a duas condutas distribuem o ar em duas condutas separadamente, uma transporta o ar frio e outra o ar quente, até às unidades terminais onde ocorre a mistura (válvulas de mistura terminais) do ar frio com o ar quente com base nas necessidades das zonas a servir. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013c) Os sistemas a duas condutas podem ser a CAV ou a VAV. (Ferreira, J. A., 2010)

As unidades de geração de energia térmica, os filtros, os recuperadores de calor e os difusores não se restringem aos STA. As unidades de geração de energia térmica encontram-se também na base de funcionamento dos sistemas hidrónicos, por exemplo. Os filtros, recuperadores e difusores na base de funcionamento dos sistemas de ar com a climatização desacoplada da ventilação, entre outras possíveis situações. Tal como já foi referido, as unidades de geração de energia térmica alimentam as baterias de arrefecimento e aquecimento, sendo água o fluido a fornecer às baterias dos sistemas hidrónicos. (Ferreira, J. A., 2010; Martins, Nelson, 2013a, 2014f) A geração de energia térmica pode recorrer a soluções centralizadas ou descentralizadas. (Martins, Nelson, 2013a, 2014f) As soluções centralizadas de geração de energia térmica consistem em soluções “em que os equipamentos de produção térmica se concentrem numa

instalação e num local distintos dos espaços a climatizar, sendo o frio, calor ou humidade transportados por um fluido térmico”. (Emprego, 2013a) Os equipamentos de geração de energia térmica mais comuns para o arrefecimento são os *chillers* e para o aquecimento são as caldeiras e as BC, ilustrados pela Imagem 30, Imagem 32 e Imagem 31 respetivamente. (Martins, Nelson, 2013a, 2014f)



Imagem30 Chiller (Daikin, [s.d.])



Imagem31 Bomba de Calor (Carrier, 2014)



Imagem32 Caldeira (Martins, Nelson, 2013a)

A geração de frio por um *chiller* assenta ou no ciclo frigorífico de compressão ou no de absorção, nos quais o princípio base consiste em retirar calor a uma fonte, que se pretende arrefecer, através de um fluido intermediário (geralmente água, logo sistema hidráulico), calor esse que será por último absorvido pelo refrigerante quando este evaporar (mudança de fase; calor latente). (Ferreira, J. A., 2010) A produção de calor por uma caldeira consiste em transferir o calor do queimador para a água (sistema hidráulico), ou seja, o queimador, através do processo de combustão, transforma a energia química de um combustível (gás natural, gasóleo, biomassa, etc.) em calor que será transferido para a água, promovendo o seu aquecimento. (Ferreira, J. A., 2010; Roriz, [s.d.]) Existem vários tipos de caldeiras tendo em conta o princípio de transferência de calor, as de tubos de fumo e as de tubos de água são as caldeiras convencionais mais importantes; nas primeiras os gases de combustão circulam dentro dos tubos e a água fora e nas segundas o oposto. (Ferreira, J. A., 2010) As caldeiras de condensação são cada vez mais populares, dado os seus rendimentos superiores fruto da recuperação do calor latente resultante da condensação do vapor de água contido nos gases de combustão. (Ferreira, J. A., 2010) O princípio base da produção de calor através de uma

BC consiste no ciclo termodinâmico dos *chillers* invertido, ou seja, na condensação do refrigerante após este ter sido evaporado e comprimido; a compressão resulta no aumento da temperatura do fluido e a condensação resulta da remoção do calor presente no refrigerante (mudança de fase; calor latente) para um fluido intermediário ou para a fonte que se pretende aquecer. (Ferreira, J. A., 2010) Existem equipamentos capazes de inverter automaticamente o ciclo frigorífico termodinâmico, podendo funcionar como *chillers* ou BC, denominados comumente como *chillers* ou BC reversíveis. (Ferreira, J. A., 2010) Tanto os *chillers* como as BC, reversíveis ou não, são equipamentos elétricos, ou seja, que consomem eletricidade.

Também existe filtragem do ar exterior quando a climatização se encontra desacoplada da ventilação, sendo comum sistemas de ventilação como o que é demonstrado na Imagem 33 composto por 4 filtros (números 2, 3, 4 e 5 da legenda da imagem).

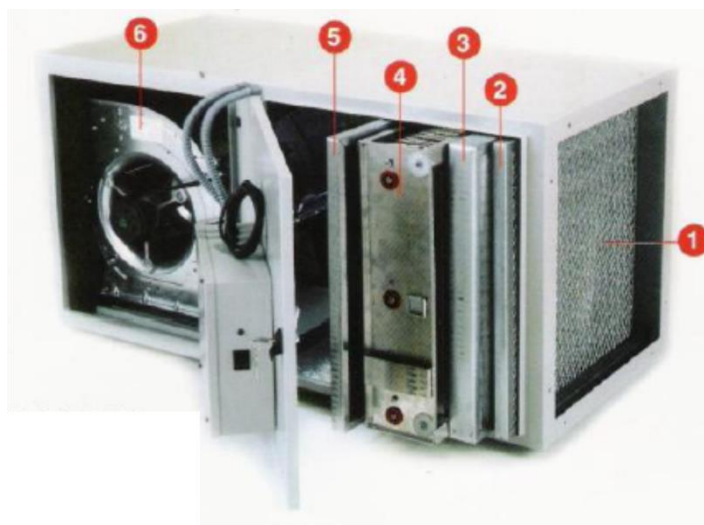


Imagem33 Ventilação com Filtragem do Ar (1. Aspiração de Ar; 2. Filtro Metálico; 3. Filtro de Manta Acrílica; 4. Filtro Electroestático; 5. Filtro de Carvão Ativado; 6. Ventilador) (Martins, Nelson, 2013a)

Os filtros apresentam resistência à passagem do ar e portanto cada filtro tem associada uma perda de carga (ΔP). (Martins, Nelson, 2013b) Esta ΔP pode ser bastante útil na determinação da pressão (P) associada ao sistema de ventilação, quando se desconhecem os valores dos caudais de ar a insuflar (em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e as potências dos ventiladores (em W). Os filtros encontram-se organizados segundo grupos e classes representados, respetivamente, por letras e números. (Martins, Nelson, 2013b) Os grupos e classes dos filtros distinguem-se uns dos outros mediante as características dos filtros e do processo de filtragem, por exemplo ao grupo G tipicamente corresponde uma ΔP de 250 Pa enquanto ao grupo F uma ΔP de 450 Pa. (Martins, Nelson, 2013b) Para concluir, é importante referir que a filtragem do ar só ocorre na admissão, ou seja, só é filtrado o ar proveniente do exterior que será introduzido no edifício. Só em casos muito especiais, nos quais haja a produção de substâncias nocivas para o meio ambiente exterior, é que poderá existir algum processo de filtragem associado à extração.

A recuperação de calor tal como fora descrita nos STA pode também estar presente nos casos em que a climatização se encontra desacoplada da ventilação, associada claro à insuflação e extração de ar e aplicada numa ótica de não distúrbio da climatização, uma vez que, apesar de climatização e ventilação dissociáveis, a admissão de ar irá sempre ter impacto nas condições ambientais interiores. Perante a existência de recuperação de energia nos sistemas de ventilação de edifícios, desacoplados ou não da climatização, as

perdas por ventilação tendem a diminuir, portanto é importante identificar a existência ou não de recuperadores de calor nestes sistemas. (Martins, Nelson, 2008a)

A difusão de ar afeta diretamente os ocupantes e tem o propósito de distribuir o ar uniformemente de modo a obter-se um ambiente interior saudável e confortável, adequado a um determinado processo, entre outros casos. (Martins, Nelson, 2013d) Os difusores são os equipamentos que permitem a difusão de ar desejada e alguns exemplos encontram-se ilustrados na Imagem 34.

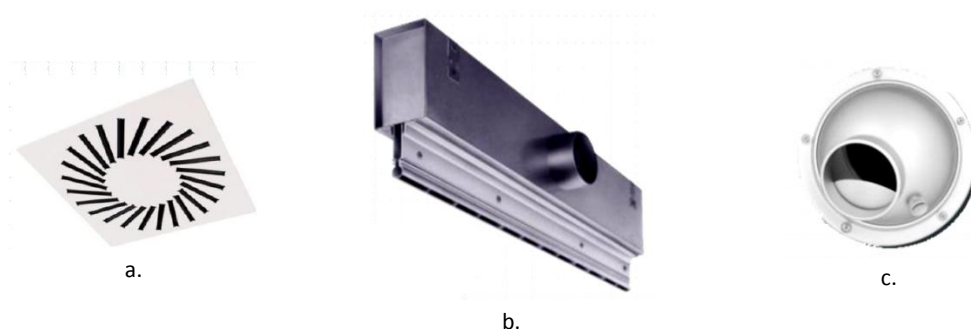


Imagem 34 Difusores de Ar (a. Difusor de Teto; b. Difusor de Fenda; c. Difusor de Noz) (Martins, Nelson, 2013a, 2013d)

Em conjunto com os ventiloconvectores, radiadores, entre outras unidades terminais, os difusores fazem parte dos sistemas e processos da utilização “terminal” associados à tecnologia AVAC; sendo os ventilaconvectores e radiadores as unidades terminais típicas de sistemas hidrónicos e os difusores (unidades terminais de difusão ou UTD) dos sistemas de ar desacoplados ou não da climatização. (Martins, Nelson, 2013a) Assim, a difusão corresponde ao último passo do processo de condicionamento de ar e/ou climatização dos espaços de um edifício; sendo o penúltimo passo a distribuição, na qual condutas (circulares, retangulares ou ovaladas planas), tubagens, válvulas, bombas e ventiladores têm um papel essencial. (Martins, Nelson, 2013a, 2013d, 2014f) O processo contrário à difusão de ar é a extração, garantida pelos extratores de ar. (Martins, Nelson, 2013a) No âmbito do presente estudo é importante conhecer-se a configuração da distribuição de ar na zona, dada a sua relevância para a eficácia de ventilação (ϵ_v). (Martins, Nelson, 2013d; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) A ϵ_v avalia a forma como um poluente existente no ar interior é removido pelo sistema de ventilação, logo, no sentido de se identificar os detalhes necessários sobre a distribuição do ar, é de todo fundamental saber-se a disposição e localização dos difusores e extratores. (Martins, Nelson, 2013d; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013)

Tal como já foi referido, as perdas por ventilação devem-se à renovação do ar interior, mas também às infiltrações. Assim sendo, antes de concluir o levantamento operacional dos sistemas AVAC é importante referir que a R_{ph} (taxa nominal horária de renovação do ar interior) compreende estes dois conceitos, relacionando-os quantitativamente. (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2008a, 2014d) Segundo o método previsto na norma EN 15242, a R_{ph} “corresponde à soma dos caudais de ar admitidos no edifício a dividir pelo volume interior útil do edifício” e pode ser determinada “mediante a consideração do efeito da permeabilidade ao ar da envolvente, da existência de dispositivos de admissão de ar situados nas fachadas, das condutas de ventilação, dos sistemas mecânicos ou híbridos, do efeito de impulsão térmica, também denominado de efeito de chaminé e do efeito da ação do vento”. (Emprego, 2013j) Tendo em conta o que já fora referido, facilmente se percebe que ao efeito de permeabilidade ao ar da envolvente corresponde o caudal, ou caudais, de infiltrações de ar. (Emprego, 2013j) O caudal de infiltrações de ar pode ser estimado

através da realização de um ensaio de pressurização *in-situ* (método de pressurização com recurso a ventilador ou, em inglês, *Blower Door Test*). De acordo com a norma EN 13829, contudo muitos são os casos em que este ensaio não é realizado e alternativamente calculam-se os caudais de infiltrações de ar pelas principais frinchas da envolvente: caixilharia de portas e janelas e as caixas de estore. (Costa, J., ITeCons and Coimbra, 2014; Emprego, 2013j) O cálculo destes caudais depende da classe de permeabilidade ao ar das caixilharias (sem classificação, classe 1, 2, 3 ou 4) e da classificação da permeabilidade das caixas de estores (baixa ou elevada). (Emprego, 2013j) A classe de permeabilidade das caixilharias é determinada segundos os métodos previstos nas normas EN 1026, EN 12207 e EN 14351-1+A1 e a permeabilidade das caixas de estore é classificada segundos os princípios presentes no ponto 12.5. do despacho número 15793-K. (Emprego, 2013j) Esta classificação da permeabilidade compõe o pacote de características a recolher durante o levantamento dimensional da envolvente opaca e envidraçada, portanto no momento da determinação da R_{ph} já se conheceram as classes *a priori*. Também se percebe que a existência de dispositivos de admissão de ar nas fachadas, grelhas por exemplo, correspondem caudais de ar escoados naturalmente (VN). (Emprego, 2013j) Em termos de ventilação os sistemas até aqui descritos representam sistemas de VM, nos quais a ventilação implica a existência de meios mecânicos (ventiladores) de insuflação e/ou extração e, portanto, consumidores de energia elétrica. (Martins, Nelson, 2008a) Ao contrário da VM, a VN (ventilação natural) não recorre a meios mecânicos para insuflar ou extrair ar para o ou do edifício. A VN ocorre “ao longo de trajetos de fugas e de aberturas no edifício, em consequência das diferenças de pressão, sem auxílio de componentes motorizados de movimentação do ar”. (Emprego, 2013a) Posto isto depreende-se que as infiltrações são fruto da manifestação da VN, porém não tão controláveis como o escoamento natural de ar através de aberturas fixas ou reguláveis manualmente ou autorreguláveis. (Emprego, 2013j) O impacto das condutas de ventilação pode ser da responsabilidade do escoamento natural do ar (VN) ou do escoamento forçado (VM), sendo que as condutas de admissão e de evacuação natural do ar são as denominadas chaminés. (Emprego, 2013j) O impacto das condutas de insuflação ou de evacuação mecânica do ar é incluído na análise dos sistemas mecânicos ou híbridos, que resulta nos caudais de ar escoados através dos ventiladores. (Emprego, 2013d, 2013h, 2013j) Os sistemas híbridos refletem a ventilação combinada e podem-se traduzir em três princípios de funcionamento: VN e VM; VN assistida por um ventilador; e VM assistida pelos gradientes de pressão e de temperaturas. (Ferreira, P. A. de S. V. M. de, 2006) No âmbito do cálculo da R_{ph} , o efeito da impulsão térmica é importante para a determinação da diferença de pressão exercida na envolvente (ΔP) a ele associada. (Emprego, 2013j) Este efeito, também denominado efeito de chaminé, consiste em fluxos naturais de ar originados pela diferença de temperatura entre o ambiente interior do edifício em análise e o exterior. (Martins, Nelson, 2014d) A diferença de temperatura entre o ar interior e o ar exterior resulta em diferença de densidade do ar. (Martins, Nelson, 2014d) Como o ar quente é menos denso, mais “leve”, que o ar frio ou ar à temperatura ambiente, o ar quente sobe relativamente ao ar frio e criam-se assim fluxos naturais de ar. Facilmente se constata que na estação de aquecimento, em que a temperatura interior é superior à exterior, o fluxo de ar ocorre em cotas elevadas do interior para o exterior, enquanto na estação de arrefecimento ocorre exatamente o oposto. (Martins, Nelson, 2014d) O efeito da ação do vento traduz-se na pressão exterior numa fachada ou cobertura por ele exercida (P_w), sendo o cálculo de P_w relevante para a determinação de R_{ph} . (Emprego, 2013j) Graças à ação do vento, o ar entra no edifício através da envolvente exterior exposta ao vento (a barlavento) e deixa o edifício através da envolvente externa menos exposta (a sotavento), logo mais protegida. (Martins, Nelson, 2014d) Tal como já fora referido na subsecção 2.2.1, a determinação de P_w depende da altura do edifício ao solo, do efeito de proteção provocado pelas construções vizinhas (obstáculos e/ou edifícios vizinhos), da região em que o edifício se insere (região A ou B) e, por fim, da rugosidade do terreno onde se encontra o edifício em análise (rugosidade I, II ou III). (Emprego, 2013j; Martins, Nelson, 2008a)

Para concluir e a título de síntese, no sentido do levantamento operacional dos sistemas AVAC é necessário: identificar no edifício em análise quais os processos e sistemas associados ao sistema ou à

tecnologia AVAC existentes (aquecimento, arrefecimento, ventilação, etc.); saber se os processos de aquecimento e arrefecimento recorrem a soluções centralizadas ou descentralizadas e se existe necessidade simultânea destes processos (calor e frio simultaneamente); saber se os processos de ventilação e de climatização existentes são ou não indissociáveis e, nesse sentido, identificar a existência ou não de STA, sistemas hidrónicos ou outros; perante a existência de STA verificar em primeiro lugar se correspondem a sistemas a uma ou a duas condutas, validar a existência ou não de recirculação de ar (UTA ou UTAN), de recuperação de calor e de reaquecimento terminal, bem como caracterizá-los quanto ao caudal (CAV ou VAV) e ao número de zonas servidas (mono ou multi-zona); perante sistemas em que a climatização se encontra desacoplada da ventilação é também importante validar a existência ou não de recirculação de ar e de recuperação de calor; e, quer se esteja perante sistemas em que a climatização se encontra desacoplada da ventilação ou não, é necessário identificar quais os equipamentos de geração de energia térmica existentes (*chiller*, caldeira, etc.), quais os vetores energéticos (combustíveis fósseis, eletricidade, etc.) por eles consumidos e quais os fluidos térmicos circulantes por eles utilizados (ar, água, frigorigénio ou outro), quais os grupos (F, G, etc.) e classes dos filtros existentes e qual o modo e a configuração da difusão de ar nos espaços. (Emprego, 2013a; Martins, Nelson, 2013a) Paralelamente e independentemente do que foi anteriormente referido, durante o levantamento operacional dos sistemas de ventilação é importante identificar a existência ou não dos diferentes tipos de ventilação (VM, VN ou combinada) e é fundamental perceber a estratégia de ventilação existente. (Martins, Nelson, 2008a) A estratégia de ventilação, tal como demonstra a Imagem 35, consiste em identificar os locais onde existe admissão de ar, extração, bem como os locais com admissão e extração. (Martins, Nelson, 2008a) É importante também identificar casos especiais de ventilação. Por exemplo, identificar espaços cuja ventilação tem como objetivo garantir a existência de oxigénio (O₂) sem necessidade de qualquer tratamento do ar, nem mesmo o processo de filtragem, para assegurar alguma reação química (combustão, por exemplo) ou o correto funcionamento de algum equipamento, entre outras situações.



Imagem35 Estratégia de Ventilação

Em conjunto com todos os critérios referidos, é também importante conhecer-se o perfil de utilização dos sistemas AVAC. (Martins, N. and Araújo, 2013) Tal como foi referido nos sistemas de iluminação, é comum existir uma dinâmica idêntica entre os perfis de utilização destes sistemas técnicos e os perfis de ocupação dada a direccionalidade do desempenho dos componentes para os ocupantes ou utilizadores de edifícios.

Os sistemas de preparação de AQS, de gestão de energia, de produção de energia renovável e os elevadores e escadas/tapetes rolantes também fazem parte dos sistemas técnicos de edifícios (Imagem 1), porém nem sempre se encontram presentes em GES. Contudo, quando são parte integrante de um edifício

em análise, devem ser tratados com igual interesse no âmbito do levantamento operacional tal como os sistemas de iluminação e AVAC. A AQS (água quente sanitária) consiste em “água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45°C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos”. (Emprego, 2013a) A preparação de AQS encontra-se associada a sistemas hidrónicos e, portanto, grande parte do que foi referido sobre estes sistemas no âmbito da tecnologia AVAC é aplicável à AQS. Os sistemas de gestão de energia são equipamentos que permitem o controlo, regulação, monitorização e o cadastro de todos os sistemas técnicos existentes. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) A gestão pode ocorrer autonomamente para cada um dos diferentes sistemas técnicos instalados ou globalmente de forma centralizada. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Estes sistemas podem estipular *setpoints* caudais (ar e água), parametrizar horários de funcionamento e perfis de utilização dos vários sistemas técnicos, interromper o funcionamento dos mesmos, realizar contagem dos consumos de energia e/ou produção (energia renovável ou cogeração) do edifício, medir e/ou monitorizar parâmetros relevantes, efetuar a manutenção de *inputs* entre outras funcionalidades. (Conselho, 2010a; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Dado possibilitarem a constituição de arquivos históricos de dados de contagens de energia, de medições da temperatura média do ar interior, dos tempos de funcionamento dos motores elétricos, etc., podem traduzir-se numa ferramenta bastante útil na obtenção de informação sobre, por exemplo, o consumo anual de energia por vetor energético consumido e/ou por sistema ou unidade consumidor nos últimos anos do edifício em análise. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Os sistemas de gestão de energia podem apresentar todas as funções referidas (ou mais), como só uma ou um conjunto limitado de funções. Por exemplo, os já referidos sensores de presença humana e as células crepusculares são sistemas de gestão de energia que atuam especificamente no controlo de iluminação em função, respetivamente, da ocupação e da iluminação natural. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Os sistemas de produção de energia renovável caracterizam-se por serem sistemas que geram energia elétrica e térmica a partir “de fontes não fósseis renováveis, designadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e oceânica, hídrica, de biomassa e de biogás”. (Emprego, 2013a) A FER (fonte de energia renovável) mais popular em edifícios é a solar (térmica e fotovoltaica). A biomassa (caldeiras) e a geotérmica (pisos radiantes) têm vindo a ganhar popularidade e são cada vez mais uma realidade presente nos edifícios. (Martins, Nelson, 2013a) Tal como demonstra a equação (1) (capítulo 1), estes sistemas têm uma influência positiva no cálculo do desempenho energético dos edifícios e, por isso, devem ser tidos em conta no presente levantamento. (Conselho, 2010a; Emprego, 2013i) Por fim, os elevadores e as escadas/tapetes rolantes são equipamentos que facilitam a circulação dos ocupantes e/ou utilizadores dentro do edifício, nomeadamente nos edifícios dotados de vários pisos. Estes sistemas técnicos são uma mais-valia na circulação de ocupantes com mobilidade limitada. Como consumidores de energia que são, quando existentes no edifício em análise devem constar no levantamento operacional. Pode existir regeneração de energia associada ao funcionamento de elevadores. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013; Rui Sérgio de Seixas Gonçalves, 2011) A regeneração de energia consiste no aproveitamento da energia resultante da travagem dos elevadores, que maioritariamente é libertada sob a forma de calor. (Rui Sérgio de Seixas Gonçalves, 2011) Para que possa existir regeneração de energia, os motores dos elevadores têm de ser capazes de trabalhar quer como motores quer como geradores (motores síncronos) e, para que a aplicação desta solução seja vantajosa, o tráfego dos elevadores e o consumo do edifício devem constantes e diários para que a absorção da energia regenerada seja imediata. (Rui Sérgio de Seixas Gonçalves, 2011) Em alguns elevadores também já se podem encontrar soluções do tipo *sleep mode*. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) O *sleep mode* é uma solução aplicada em elevadores com o objetivo de reduzir o

consumo *standby* (elevador parado) destes equipamentos, que pode representar até 65% do consumo anual total de energia elétrica de um elevador. (Rui Sérgio de Seixas Gonçalves, 2011)

Posto isto, no âmbito do levantamento operacional é importante: identificar a existência de necessidades de energia relativas à preparação de AQS, identificar qual o sistema hidráulico que contribui para essa preparação e qual o vetor energético por ele consumido; identificar a existência de sistemas de gestão de energia e quais os sistemas técnicos por eles abrangidos; identificar a existência de FER, o tipo de sistema existente (solar térmico, solar fotovoltaico ou outro) e a energia produzida (térmica ou elétrica); e identificar a existência de elevadores e escadas/tapetes rolantes, a quantidade dos mesmos, quais os pisos e o número de pisos por estes equipamentos servidos e verificar a presença de alguma tecnologia ou solução de eficiência energética (*sleep mode*, regeneração de energia ou outra). Tal como nos sistemas de iluminação e AVAC, é também importante conhecerem-se os perfis de utilização dos sistemas técnicos agora em análise. Tudo o que foi referido só é aplicável quando estes sistemas técnicos se encontrem presentes no edifício em estudo. A localização dos sistemas técnicos no edifício, quando existentes, é importante para a SD e, portanto, deve constar no levantamento operacional. (Ministério do Ambiente, 2013b)

Identificar e localizar os equipamentos existentes no edifício em análise é também relevante para o levantamento operacional. Tal como já foi referido, os equipamentos de edifícios consistem num conjunto de aparelhos consumidores de energia que não são contemplados nos sistemas técnicos. À semelhança dos sistemas técnicos, o funcionamento dos equipamentos é dirigido para as necessidades dos ocupantes e os seus perfis de utilização dos equipamentos são também fundamentais para o correto levantamento operacional. (Martins, N. and Araújo, 2013) O que fora referido relativamente ao funcionamento e aos perfis de utilização dos equipamentos é aplicável aos elementos construtivos com relevância para o levantamento operacional. É também importante identificar e localizar os vãos envidraçados e as portas no edifício em análise, contudo essa caracterização é realizada no levantamento dimensional. Resta assim, no presente levantamento, caracterizar os perfis de utilização destes elementos.

2.2.4. Caracterização de Equipamento e Sistemas

A caracterização de equipamentos e sistemas não tem fundamento sem a realização *a priori* do levantamento operacional e, na ausência da caracterização, o levantamento operacional ficaria incompleto. Assim, o levantamento operacional e esta caracterização complementam-se mutuamente. A caracterização que será de seguida apresentada consiste em descrever os parâmetros mais técnicos dos equipamentos e sistemas existentes, usualmente facultados pelos seus fabricantes e fornecedores. Muitas características dos equipamentos e sistemas de edifícios podem ficar por referir, uma vez que só serão abordadas aquelas que apresentam interesse na e para a SD.

Na caracterização de equipamentos e sistemas de iluminação é fundamental ter em conta os conceitos luminotécnicos, nomeadamente o fluxo luminoso (Φ), a intensidade luminosa (I), a iluminância (E), a iluminância média (E_m) e a eficiência luminosa. (Martins, Nelson, 2014e) O fluxo luminoso (em lumens ou lm) representa a “quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa, na tensão nominal de funcionamento”. (Martins, Nelson, 2014e) Como nenhuma fonte luminosa irradia luz uniformemente em todas as direções, a intensidade luminosa (em candelas ou cd) consiste no fluxo emitido numa dada direção. (Martins, Nelson, 2014e) A iluminância ou nível de iluminância traduz “o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície”, porém, como não existe uniformidade na distribuição do fluxo, “a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão” e por isso considera-se a iluminância média. (Martins, Nelson, 2014e) Por fim, a eficiência luminosa ou eficiência energética ou rendimento luminoso (em $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$) define-se

como o fluxo luminoso gerado pela potência absorvida pela fonte luminosa. (Martins, Nelson, 2014e) As lâmpadas incandescentes e de halogéneo são as fontes de luz com menor eficiência luminosa (entre 10 e 40 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$) e as de sódio com maior eficiência luminosa (entre 40 a 150 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$). (Martins, Nelson, 2014e) As lâmpadas díodos emissores de luz ou, em inglês, *lightemitting diode* (LED) apresentam uma eficiência luminosa entre 20 e 60 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ com grande potencial para atingirem no futuro os níveis de eficiência das lâmpadas de sódio ou níveis superiores, já apresentando nos dias de hoje eficiências luminosas na ordem dos 100 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$. (Martins, Nelson, 2014e)

O fluxo luminoso é então o parâmetro luminotécnico que serve de base aos restantes parâmetros. Por exemplo, facilmente se obtém a E dividindo o O pela área da superfície em causa e, com a mesma facilidade, a eficiência luminosa dividindo o O pelo número de watts (W) absorvidos. (Martins, Nelson, 2014e) A potência absorvida pelas fontes luminosas, ou simplesmente potência das lâmpadas, juntamente com o tipo e a quantidade de lâmpadas existentes constituem os mais importantes dados a retirar do projeto luminotécnico do edifício em análise. (Martins, N. and Araújo, 2013; Martins, Nelson, 2014a) Contudo, as lâmpadas não são os únicos elementos dos sistemas de iluminação que consomem energia elétrica. Os balastros também têm a eles associada uma potência absorvida, que, tal como a potência das lâmpadas, deve ser contabilizada na potência de iluminação como demonstra a equação (11).

$$P_{\text{ilum}} = \frac{P_{\text{lâmp}} + P_{\text{balastro}}}{\eta} \quad (11)$$

A obtenção da potência de iluminação é essencial para que a DPI (densidade de potência de iluminação) do edifício e/ou dos espaços que o compõem possa ser calculada, tal como a equação (12) indica.

$$DPI = \frac{P_{\text{ilum}}}{A} \quad (12)$$

Com especial relevância para a SD destacam-se a DPI e o nível de iluminância dos espaços ou zonas do edifício em análise. Os níveis de iluminância podem ser consultados em normas ou outros documentos técnicos, como por exemplo a norma DIN (*Deutsches Institut für Normung*, em português, Instituto Alemão para Normatização) 5035 relativa à iluminação artificial e a EN 12464-1 relativa à iluminação de espaços de trabalho interiores. (Martins, Nelson, 2014e; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Nestas normas são estabelecidos valores de E_m de acordo com a área de interior, a tarefa e/ou a atividade a realizar (escrever, ler, arquivar, fotocopiar, desenhar, etc.). (CEN, 2002; ENEC, 2007; Martins, Nelson, 2014e; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) A Imagem 36 é um extrato traduzido da norma EN 12464-1 e exemplifica o que foi referido para zonas de escritórios (locais de trabalho). (ENE, 2007) Além disto, a determinação da E_m mantida nos espaços de edifícios pode resultar da medição do número de lux através de um luxímetro. (Martins, Nelson, 2014e)

Área de interior, tarefa ou actividade	Em (lx)
Classificação e transcrição	300
Escrita, dactilografia, leitura, tratamento de dados	500
Desing industrial	750
Postos de trabalho de concepção assistida por computador (CAO)	500
Salas de conferência e de reuniões	500
Recepções	300
Arquivos	200

Imagem36- Valores Médios de Iluminância Recomendados para Zonas de Trabalho (EN 12464)

No caso de existirem dispositivos de controlo de iluminação, nomeadamente sistemas de controlo por disponibilidade de luz natural (células crepusculares, por exemplo), é também relevante para a SD o nível de iluminância a partir do qual a iluminação artificial é ou disponibilizada.

A caracterização de equipamentos e sistemas AVAC é fundamental para a contabilização do consumo elétrico associado à climatização e ventilação de edifícios. No sentido da caracterização de sistemas de ventilação deve-se ter em conta o rendimento total de funcionamento dos ventiladores (η_{tot}) e a potência elétrica nominal dos mesmos (P_v) ou, em alternativa à P_v , os caudais de ar médios diários escoados através dos ventiladores (V_f), logo garantidos pelo sistema de ventilação, e as respetivas diferenças de pressão totais (ΔP). (Emprego, 2013h; Martins, Nelson, 2008a) As ΔP devem incluir o impacto dos filtros no escoamento, sendo a ΔP (perda de carga) associada aos filtros também um importante parâmetro a caracterizar no âmbito dos sistemas de ventilação. Uma vez que a potência se relaciona com a pressão e o caudal tal como a equação (13) indica, se só se conhecer dois dos três elementos dessa equação facilmente se obtém o terceiro elemento. Por exemplo, se nos projetos do edifício em análise não estiver definida a P_v mas a ΔP e o V_f estiverem, facilmente se obtém o valor de P_v . O mesmo se não estiver definida a ΔP ou o V_f , enquanto P_v e, respetivamente, V_f ou ΔP o estiverem. (Martins, Nelson, 2008a) Se se desconhecer o valor de dois dos três elementos da equação (13) ou, no pior dos casos, se desconhecem os três elementos, na falta de uma melhor solução deve-se arbitrar valores devidamente fundamentados pela metodologia adotada no processo de arbitragem. Entenda-se por melhor solução o recurso a todas as fontes de informação com fundamento para a análise de edifícios, nomeadamente peças escritas, peças desenhadas, fichas técnicas, entre outras.

(13)

Tendo em conta a relação de unidades expressa na equação (13), é importante introduzir o conceito de potência específica ou, em inglês, *specific fan power* (SFP). (Martins, Nelson, 2014g, 2014h; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) O valor da SFP representa-se em $W/(m^3 \cdot s^{-1})$ e depende da ΔP , do η_{tot} e da configuração do sistema de ventilação. (Martins, Nelson, 2014g, 2014h; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) As diferentes categorias da SFP organizam-se tal como a Imagem 37 exemplifica. (Martins, Nelson, 2014g, 2014h; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Categoria	SFP [W/(m³/s)]
SFP 1	< 500
SFP 2	500 – 750
SFP 3	750 – 1 250
SFP 4	1 250 – 2 000
SFP 5	2 000 – 3 000
SFP 6	3 000 – 4 500
SFP 7	> 4 500

Imagem37 Categorias SFP

Além da SFP, é também importante caracterizar as classes IEC (*International Electrotechnical Commission*) dos motores elétricos dos ventiladores. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Existem 4 classes diferentes, IE1, IE2, IE3 e IE4 que correspondem, respetivamente, a eficiência *standard*, alta eficiência, eficiência *premium* e eficiência *superpremium* (ABB, 2009; Comissão das Comunidades Europeias, 2009; WEG, [s.d.]) Tendo em conta a classe IEC, a potência de saída efetiva (em kW) e o número de pólos do motor em análise, é possível determinar a eficiência mínima nominal desse mesmo motor tal como mostra a Imagem 38. (ABB, 2009; Comissão das Comunidades Europeias, 2009; WEG, [s.d.]) Motores de classe IE4 ainda não se encontram comercializados. (ABB, 2009)

Potência de Saída Efetiva	IE1 – Eficiência <i>Standard</i>			IE2 – Alta Eficiência			IE3 – Eficiência <i>Premium</i>		
	Pólos			Pólos			Pólos		
kW	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	72,1	70,0	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9
1,1	75,0	75,0	72,9	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81,0
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5
2,2	79,7	79,7	77,7	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8
5,5	84,7	84,7	83,1	87,0	87,7	86,0	89,2	89,6	88,0
7,5	86,0	86,0	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1
11	87,0	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93,0	92,2
30	90,7	90,7	90,2	92,0	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94,0	94,2	93,7
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	94,3	94,6	94,1
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94,0	93,7	94,7	95,0	94,6
90	93,0	93,0	92,9	94,1	94,2	94,0	95,0	95,2	94,9
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4
160	93,8	93,8	93,8	94,8	94,9	94,8	95,6	95,8	95,6
200 até 375	94,0	94,0	94,0	95,0	95,1	95,0	95,8	96,0	95,8

Imagem38 Classes IEC

Pode dar-se o caso de ser necessário distinguir V_f de insuflação e V_f de extração, por exemplo quando o sistema de ventilação de admissão e o de exaustão sejam independentes um do outro. Automaticamente distinguem-se os caudais de ar associados às diferentes vertentes de ventilação, ou seja, à VN, que inclui as infiltrações e o escoamento natural através de dispositivos existentes nas fachadas, à VM e à combinada e/ou híbrida. (Emprego, 2013h; Martins, Nelson, 2008a) Segundo a portaria número 349-D, em “espaços

ventilados exclusivamente com recurso a meios naturais, considera-se o valor do caudal de ar novo correspondente ao valor de caudal mínimo determinado pelo método prescritivo, sem ter em consideração a eficácia de ventilação". (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) O método prescritivo é um dos métodos que permitem a determinação do valor do caudal mínimo a considerar para um espaço e baseia-se na deliberação, e posterior aplicação, do maior valor dos caudais de ar novo que garantem a diluição da carga poluente devida aos ocupantes do espaço e aos materiais do edifício (construção, revestimentos das superfícies e mobiliário). (Martins, Nelson, 2014d; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) Tal como a Imagem 39 e a Imagem 40 demonstram, os valores de caudal mínimo de ar novo devidos à ocupação (em $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{pessoa})$) e ao edifício (em $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$) constam nas tabelas I.04 e I.05, respetivamente, da portaria número 353-A, nas quais os *input*s podem ser o tipo de espaço ou o tipo de atividade ou a M (taxa de metabolismo dos ocupantes) e a situação do edifício (com ou sem atividades propagadoras de poluentes). (Martins, Nelson, 2014d; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013)

Tabela I.04 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação, [$\text{m}^3/(\text{hora}\cdot\text{pessoa})$]

Tipo de atividade	Taxa de metabolismo dos ocupantes - M (met)	Exemplos de tipo de espaço	Caudal de ar novo [$\text{m}^3/(\text{hora}\cdot\text{pessoa})$]
Sono	0,8	Quartos, Dormitórios e similares	16
Descanso	1,0	Salas de repouso, Salas de espera, Salas de conferências, Auditórios e similares, Bibliotecas	20
Sedentária	1,2	Escritórios, Gabinetes, Secretarias, Salas de aula, Cinemas, Salas de espetáculo, Salas de Refeições, Lojas e similares, Museus e galerias, Salas de convívio, Salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares	24
		Salas de jardim de infância e pré-escolar e Salas de creche	28
Moderada	1,75 (1,4 a 2,0)	Laboratórios, Ateliers, Salas de Desenho e Trabalhos Oficiais, Cafés, Bares, Salas de Jogos e similares	35
Ligeiramente Alta	2,5 (2,0 a 3,0)	Pistas de dança, Salas em ginásios, Salas de ballet e similares	49
Alta	5,0 (3,0 a 9,0)	Salas de musculação, Salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares	98

Imagem39 Caudal Mínimo de Ar Novo em Função da Ocupação

Tabela I.05 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida ao edifício [$\text{m}^3/(\text{hora}\cdot\text{m}^2)$]

Situação do edifício	Caudal de ar novo [$\text{m}^3/(\text{hora}\cdot\text{m}^2)$]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	5

Imagem40 Caudal Mínimo de Ar Novo em Função do Edifício

O que fora referido em conjunto com as imagens anteriores (Imagem 39 e Imagem 40) permite concluir que os Q_{AN} (caudais de ar novo), além de dependerem dos *input*s para a determinação dos caudais mínimos, também dependem da idade e género dos ocupantes, do número de ocupantes e da área de pavimento das várias zonas do edifício em análise. (Martins, Nelson, 2013b, 2014d) Do número de ocupantes e da área uma vez que, para a obtenção dos Q_{AN} (em $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$), os mesmos terão de ser multiplicados, respetivamente, pelos valores retirados das tabelas I.04 e I.05. Da idade e do género já é subentendido na M, uma vez que são fatores relevantes na determinação do metabolismo de cada pessoa ou ocupante. (Martins, Nelson, 2008d) Além da influência na VN, a caracterização dos caudais mínimos de ar de cada zona é fundamental para a construção do modelo de SD do edifício em análise e para a verificação dos Q_{AN} em funcionamento.

A ε_v (eficácia de ventilação), tal como já foi referido na subsecção anterior, avalia a forma como um poluente existente no ar interior é removido pelo sistema de ventilação com recurso a meios mecânicos.

(Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) Tendo em conta o conceito e/ou propósito da ϵ_v , facilmente se percebe a sua não aplicabilidade em termos de VN. Segundo a portaria número 353-A, o valor do “caudal de ar novo a introduzir nos espaços deve ser corrigido pela eficácia de remoção de poluentes” de acordo com a seguinte equação. (Martins, Nelson, 2014d; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013)

$$\frac{Q_{ANF}}{Q_{AN}} = \epsilon_v \quad (14)$$

Q_{ANF} consiste no caudal de ar novo final corrigido da ϵ_v . (Martins, Nelson, 2014d; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) A ϵ_v é “função, essencialmente, do método de ventilação e da diferença de temperatura entre o ar insuflado e o ar na zona ocupada do espaço”, tal como demonstra a próxima imagem que representa a tabela I.01, da portaria número 353-A, onde estão previstos valores de ϵ_v mediante a configuração da distribuição do ar. (Martins, Nelson, 2014d; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, 2013) Não obstante da não aplicabilidade da ϵ_v em sistemas de VN, a sua caracterização e a dos parâmetros a ela associados é pertinente em sistemas de VM ou combinada.

Tabela I.01. - Valores de eficácia (ϵ_v) para diferentes métodos de ventilação

Configuração da distribuição de ar na zona	ϵ_v
Insuflação pelo teto, ar frio	1
Insuflação pelo teto e extração junto ao pavimento, ar quente	1
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto	0,8
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto, desde que o jato de ar de insuflação, tenha velocidade superior a 0,8m/s e alcance até 1,4m do pavimento (nota: para velocidades mais baixas, $\epsilon_v = 0,8$)	1
Insuflação de ar frio junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, desde que o jato de ar de insuflação com uma velocidade de 0,8m/s, tenha um alcance de 1,4m ou mais, em relação ao pavimento.	1
Insuflação de ar frio a baixa velocidade junto ao pavimento e extração junto ao teto, numa estratégia de ventilação do tipo deslocamento, proporcione um fluxo unidirecional e estratificação térmica	1,2
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração junto ao pavimento, no lado oposto do compartimento	1
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto	0,7
Admissão natural de ar no lado oposto do compartimento em relação ao ponto de extração/retorno mecânica	0,8
Admissão natural de ar junto ao ponto de extração/retorno mecânica	0,5
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, no mesmo lado do compartimento ou em localização próxima	0,5
Insuflação de ar frio junto ao teto e extração/retorno junto ao pavimento, do mesmo lado do compartimento ou em localização próxima	0,5

Imagem 41 ϵ_v em Função da Configuração da Distribuição do Ar na Zona

As diferentes vertentes da ventilação (VN, VM ou combinada), tal como já foi referido na subsecção anterior, são reunidas na R_{ph} , que é também um parâmetro relevante para a contabilização do consumo elétrico associado aos sistemas de ventilação e, portanto, deve ser tida em conta na caracterização que a presente subsecção se propõe a descrever. De referir que, segundo o despacho número 15793-K, a $R_{ph,v}$ (taxa

nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento) não deve ser inferior a $0,6 \text{ h}^{-1}$. (Emprego, 2013h, 2013j) Não é estabelecido, no âmbito do RECS, para GES um valor mínimo de R_{ph} . O despacho número 15793-K refere um valor mínimo de $0,4 \text{ h}^{-1}$ (sem considerar as infiltrações de ar associadas às caixas de estore e às janelas de classe inferior ou igual à 2) no âmbito da portaria número 349-B, ou seja, do REH, o que não permite concluir a sua aplicabilidade em edifícios à mercê do RECS. (Emprego, 2013b, 2013j) No sentido da consideração do impacto das condutas de admissão e de evacuação natural do ar (chaminés) quando existentes, é necessário carateriza-las quanto ao diâmetro (D) ou diâmetro equivalente (D_{eq} ; condutas de forma retangular), à área livre da secção de abertura (A_{livre}), à área da secção ($A_{conduta}$) e à altura (L). (Emprego, 2013j) Quando nos sistemas de ventilação exista recirculação de ar deve-se caraterizar a potência absorvida pelo equipamento que garante a recirculação (P_k) e o caudal mínimo de ar exterior a misturar com o caudal de ar a readmitir.

No sentido da caraterização de sistemas de climatização deve-se ter em conta a eficiência de cada um dos vários sistemas que suprem as necessidades de aquecimento e/ou de arrefecimento (η_k), nomeadamente a eficiência das unidades de geração de energia térmica. (Emprego, 2013h) No caso de unidades de produção de aquecimento à exceção de caldeiras, a η_k é designada como COP (*coefficient of performance* em português, coeficiente de desempenho) e, no caso de unidades de produção de arrefecimento, é designada como EER (*energy efficiency ratio*, em português, índice de eficiência de energia). (Martins, Nelson, 2013a; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013; Multisplit, 2011) À semelhança da eficiência ou rendimento, estes coeficientes e índices são indicadores de qualidade dos equipamentos e sistemas que caraterizam. (Costa, V., 2014) Assim, o COP e o EER consistem na relação entre a quantidade de calor ou frio obtida e a energia elétrica consumida que, por outras palavras, se pode traduzir nos quocientes entre a capacidade de aquecimento ou arrefecimento de determinada unidade e o consumo elétrico nominal dessa mesma unidade. (Multisplit, 2011) A equação (15) traduz o que foi referido numa base benefício *versus* custo, onde o benefício pode ser a energia térmica (calor) fornecida ou a potência da unidade em arrefecimento e o custo a energia ou potência elétrica consumida na execução do trabalho. (Costa, V., 2014; Multisplit, 2011)

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_e} = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{Q}_e} \quad (15)$$

O que se deseja é mais benefício e mesmo custo, ou seja, quanto mais alto for o valor do COP ou do EER mais eficiente é o equipamento ou sistema em análise.

Além da η_k , a caraterização de caldeiras deverá também passar pela sua potência térmica nominal (em kW), pelo volume de água do circuito (em m^3), pelas temperaturas e caudais máximos e mínimos de água na instalação (em $^{\circ}\text{C}$ e $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respetivamente) e pela temperatura da água à saída da caldeira (em $^{\circ}\text{C}$). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) À semelhança do que foi referido para a caraterização de caldeiras, a caraterização de *chillers*, além do EER, passa pela capacidade de arrefecimento da unidade (em W) e pelos volumes, temperaturas e caudais dos fluidos intervenientes no processo de refrigeração (em m^3 , $^{\circ}\text{C}$ e $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respetivamente). O que foi referido para a caraterização de *chillers* é aplicável na caraterização de BC, na ótica de aquecimento (COP), e na caraterização de BC ou *chillers* reversíveis em ambas as óticas de climatização (COP e EER). Na caraterização das unidades de AC do tipo *split* ou *multisplit*(DX) é também importante ter em conta os seus indicadores de qualidade (COP e EER), as capacidades de arrefecimento e aquecimento (em W) e os caudais de ar associados à climatização (em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). É também fundamental caraterizar os *setpoints* de climatização garantidos pelas unidades de geração de energia térmica, bem como a potência de saída efetiva e a classe IEC dos motores elétricos das bombas de

circulação e dos ventiladores associados a estas unidades, tal como é referido na caracterização de sistemas de ventilação. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Nos casos em que a ventilação e a climatização sejam indissociáveis e estejam presentes sistemas de recuperação de calor, deve-se caracterizar estes sistemas quanto à sua potência elétrica nominal (em W), ao seu rendimento (η_{RC}) e ao valor médio do caudal de ar insuflado através dos mesmos (). (Emprego, 2013h) Sempre que estejam presentes a humidificação e/ou desumidificação do ar associadas à climatização devem-se caracterizar as eficiências dos sistemas para esses propósitos (η_k). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Quando existir reaquecimento terminal é necessário caracterizar-se a temperatura máxima de reaquecimento (em °C) e a capacidade de reaquecimento do equipamento (em W). Em STA deve ser possível caracterizar as UTA e/ou UTAN quanto às suas classificações de eficiência energética segundo a norma EN 13053, relativa ao desempenho das unidades referidas. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) A Imagem 42 traduz a classificação referida, a qual depende da velocidade máxima do ar no interior da unidade, do fator representativo da potência elétrica absorvida pelos motores dos ventiladores (f-Pref), da η_{RC} (eficiência total do sistema de recuperação de calor), bem como da eficiência térmica (Φ) e da diferença de pressão (ΔP), por fluxo de ar, do sistema de recuperação. (Haperen, 2009; Lapa and EVAC, 2012; Performance, 2009)

Classe	Velocidade Máxima [m/s]	f-Pref [-]	Sistema de Recuperação de Calor (ar exterior $\leq 9^\circ\text{C}$)		
			η [%]	Φ [%]	ΔP [Pa]
A	$\leq 1,8$	$\leq 0,90$	≥ 71	≥ 75	≤ 280
B	$\leq 2,0$	$\leq 0,95$	≥ 64	≥ 67	≤ 230
C	$\leq 2,2$	$\leq 1,00$	≥ 55	≥ 57	≤ 170
D	$\leq 2,5$	$\leq 1,06$	≥ 45	≥ 47	≤ 125
E	$\leq 2,8$	$\leq 1,12$	≥ 36	≥ 37	≤ 100
F	Sem requisitos				

Imagem42 Classes das UTA/UTAN

Ainda relativamente aos casos em que a ventilação é indissociável da climatização, é necessário caracterizar-se as redes de transporte de fluidos quanto à espessura dos isolamentos (em mm) de tubagens, condutas e seus acessórios, bem como de equipamentos e depósitos. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Relativamente às tubagens é também necessário ter em conta o D (diâmetro em mm) e a temperatura do fluido (em °C) que circula no interior das mesmas. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Quanto aos equipamentos e depósitos é também necessário caracterizar a área de superfície (em m²) com isolamento dos mesmos. Nos casos em que existir um desacoplamento da climatização relativamente à ventilação e a climatização seja garantida por sistemas hidrónicos (caldeira, *chiller* etc.), deve-se caracterizar as unidades terminais destes sistemas quanto ao caudal máximo de água que as atravessa (em m³·s⁻¹). Especificamente quanto aos ventiloconvectores é importante caracterizar adicionalmente o coeficiente de transferência de calor total (em W·K⁻¹) e, no caso específico dos radiadores, a sua capacidade (em W) e a temperatura média da água que atravessa a unidade terminal (em °C).

A caracterização de equipamentos e sistemas de produção de AQS é fundamental para a contabilização das necessidades de energia útil para preparação de AQS (Q_a). No sentido da caracterização da preparação de AQS deve-se ter em conta as temperaturas máxima e mínima da água na instalação e à entrada e à saída do sistema (em °C), o conseqüente aumento de temperatura necessário para a preparação desejada (ΔT), o

volume de água do circuito (em m^3), os caudais máximo e mínimo de água na instalação (em $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$), o consumo médio diário de AQS (M_{AQS}) ou o consumo anual (C_{AQS}) e a eficiência do sistema que supre as necessidades para a preparação (η_k). (Emprego, 2013h) Pode também ser necessário caracterizar-se a potência do sistema que supre as necessidades para a preparação de AQS. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Caso o equipamento que garante a produção de AQS seja um termoacumulador, como por exemplo um cilindro, deve-se caracterizar as perdas estáticas do mesmo (Q_{pr}). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) À semelhança do que foi referido para a caracterização de sistemas de ventilação e de sistemas de climatização, os sistemas de produção AQS também devem ser caracterizados quanto à potência de saída efetiva e à classe IEC dos motores elétricos das bombas de circulação, bem como quanto à espessura dos isolamentos das redes de transporte de fluidos. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

Os equipamentos e sistemas de gestão de energia são consumidores de energia, nomeadamente energia elétrica. Contudo, o consumo associado a dispositivos que permitem o controlo, regulação e monitorização do edifício e seus sistemas não tem especial relevância no âmbito do presente projeto. A relevância destes sistemas técnicos limita-se ao levantamento operacional dos mesmos, dado impacto positivo que estes exercem sobre as necessidades de energia de edifícios.

A caracterização de equipamentos e sistemas de produção de energia renovável é fundamental para a contabilização da eventual energia produzida a partir de FER ($E_{\text{ren,p}}$), que eventualmente irá contribuir para a diminuição das N_{te} (necessidades anuais globais de energia primária). (Emprego, 2013h) Assim, para a caracterização de sistemas de produção de energia renovável é necessário ter em conta a FER na base da produção de cada sistema existente, uma vez que sistemas de produção renovável com FER diferentes são caracterizados individualmente e de forma distinta. (Emprego, 2013g) No caso dos sistemas solares térmicos e fotovoltaicos é aconselhada a utilização do programa SolTerm do LNEG para a determinação de $E_{\text{ren,p}}$; “programa de análise de desempenho de sistemas solares, (...) especialmente concebido para as condições climáticas e técnicas de Portugal”. (Emprego, 2013g; LNEG, 2010) Não obstante ao que foi referido, na caracterização de sistemas solares térmicos é importante ter em conta os volumes (coletor e depósito), temperaturas e caudais dos fluidos intervenientes no processo de geração de energia térmica (em m^3 , $^{\circ}\text{C}$ e $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, respetivamente). Nos sistemas solares fotovoltaicos é importante caracterizar a eficiência da conversão da energia solar incidente em energia elétrica e a potência elétrica nominal destes sistemas. No caso dos sistemas eólicos a $E_{\text{ren,p}}$ depende fundamentalmente da potência média do aerogerador (P) ou, alternativamente, da potência nominal da turbina (P_{nom}), da velocidade do rotor (em rotações-minuto $^{-1}$), da velocidade nominal do vento (em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), da eficiência do aerogerador e das características dimensionais da turbina (diâmetro do rotor, número de pás, etc.). (Emprego, 2013g) No caso dos sistemas de queima de biomassa sólida para climatização e/ou preparação de AQS, a $E_{\text{ren,p}}$ depende essencialmente da η_k do sistema e a caracterização destes sistemas é muito semelhante à de caldeiras descrita anteriormente. (Emprego, 2013g) No caso dos sistemas de aproveitamento de energia geotérmica para climatização e/ou preparação de AQS, a $E_{\text{ren,p}}$ depende em particular do caudal de água ou fornecido pelo aquífero termal (q_{geo}), do rendimento nominal do permutador (ϵ) e das temperaturas dos fluidos intervenientes à entrada do permutador de calor. (Emprego, 2013g) No caso de sistema de produção de energia elétrica com base em mini-hídricas, a $E_{\text{ren,p}}$ depende principalmente do rendimento da turbina (η_T), do rendimento do gerador (η_G), do caudal médio em funcionamento (Q) e da altura média anual da queda de água (H). (Emprego, 2013g) Por fim, no caso de sistemas de aproveitamento de energia renovável aerotérmica e geotérmica, a $E_{\text{ren,p}}$ depende maioritariamente do fator médio de desempenho sazonal das BC (bombas de calor) captadoras da energia aerotérmica e geotérmica (SPF). (Conselho, 2009a; Emprego, 2013g)

A caracterização de equipamentos e sistemas de elevadores e escadas/tapetes rolantes é fundamental para a contabilização do consumo de energia elétrica a estes equipamentos e sistemas associado. (Ministério

do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) No sentido da caracterização de elevadores e escadas/tapetes rolantes deve-se ter em conta a potência absorvida por esses equipamentos (P_k), nomeadamente a potência dos seus motores. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) O tempo médio em manobra, a distância percorrida, a carga e a velocidade nominais devem também fazer parte desta caracterização. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Além disto é também importante caracterizar os elevadores quanto à sua classificação de eficiência energética segundo a norma VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*, em inglês, *Association of German Engineers*) 4703, relativa à eficiência energética em elevadores. Nesta norma estão definidas 7 classes que vão de A a G, sendo a A representativa do elevador mais eficiente e G do menos eficiente. (Orona, [s.d.]) Estas classes dependem da energia utilizada para o trajeto referência e assim desse percurso, da energia necessária no modo *standby* da frequência de utilização, da carga e do próprio tipo de edifício. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013; Orona, [s.d.])

A caracterização de equipamentos dissipadores de calor é fundamental para a contabilização do consumo elétrico a eles associado e dos ganhos térmicos associados a fontes internas de calor (Q_{int}), das quais os equipamentos fazem parte integrante. (Emprego, 2013h) Neste sentido, é necessário caracterizar a potência devida a equipamentos (em W) e a respetiva densidade de potência dos equipamentos (em $W \cdot m^{-2}$), calculada tal como exemplifica a equação (16).

$$P_k = \frac{1}{0} \quad (16)$$

2.2.5. Indicadores de Desempenho Energético

Os indicadores de desempenho energético consistem nos IEE (indicadores de eficiência energética) já referidos no capítulo 1. Dos três IEE existentes têm especial interesse para o âmbito do presente trabalho o IEE_{ef} e o IEE_{pr} . O IEE_{ef} a calcular tendo em conta os consumos de energia “reais” medidos, a serem analisados no âmbito da calibração do modelo de SD, e a A_p do edifício. O IEE_{pr} a calcular tendo em conta os consumos de energia resultantes da simulação do modelo validado, ou, mais à frente no capítulo 4, do modelo sujeito a soluções de reabilitação energética, e da A_p modelada. A determinação dos IEE referidos deve basear-se nas equações (1) a (3) e, quando aplicável, (4).

2.3. Calibração do Modelo de Simulação Dinâmica

A calibração (ou validação) de um modelo de SD (simulação dinâmica) desempenha um papel fulcral na atribuição de qualidade e segurança à simulação. (Hensen and Lamberts, 2011) A SD é encarada pela indústria dos edifícios como a ferramenta de melhores práticas para a análise de desempenho energético, porém existem “significantes discrepâncias entre os valores dela resultantes e os consumos reais dos edifícios”. (Raftery *et al.* 2011) Assim e como mais do que “a arte de realizar simulações de elevada fidelidade,” a SD deve ser “a arte de realizar o tipo certo de experiência virtual com o modelo correto”, o processo de calibração permite detetar as discrepâncias existentes e, através da reformulação do modelo, atribuir assertividade ao mesmo e assim garantir a solidez da SD. (Hensen and Lamberts, 2011)

Assim a calibração consiste na verificação dos valores resultantes da SD, comparativamente aos consumos reais do edifício em estudo. Para que tal seja possível é definido um critério de aceitação, de forma a garantir que o modelo construído no máximo se distancie da realidade na percentagem atribuída como aceitável - valor máximo de discrepância. A definição deste valor é da responsabilidade do analista, porém convém fundamentar a escolha feita por recurso à literatura existente, por exemplo. Portanto, o principal objetivo do processo de calibração é certificar que os valores resultantes da SD não ultrapassem o valor máximo de discrepância estabelecido. A principal vantagem deste processo é a significativa melhoria da SD, uma vez que, ao se verificar que a discrepância é inferior à percentagem estabelecida, fica confirmada a qualidade do modelo construído e a coerência do mesmo com a realidade. (Raftery *et al.*, 2011) Além disso, a calibração promove a fiabilidade da SD de edifícios, o que consequentemente contribui para o desenvolvimento do seu âmbito de aplicação e assim para a qualidade do futuro. (Raftery *et al.*, 2011)

Contudo, o processo de calibração não é um processo simples e muitas vezes não se consegue validar facilmente os modelos criados. Muitas vezes os valores máximos de discrepâncias são ultrapassados e torna-se necessário reformular os modelos no sentido da validação dos mesmos. A reformulação dos modelos por vezes requer uma análise de sensibilidade, que permita perceber quais os parâmetros que mais contribuem para que determinado consumo seja muito superior ou inferior ao consumo real do edifício (discrepâncias superiores à discrepância máxima). A análise de sensibilidade pode ser um processo demorado, pois pode dar-se o caso de ser difícil identificar o parâmetro com maior peso no valor discrepante. Por outro lado, esta análise além de permitir validar o modelo (objetivo principal) permite também identificar quais os parâmetros que mais e menos afetam o consumo de energia do edifício, o que futuramente será vantajoso na aplicação de medidas de melhoria. (Raftery *et al.*, 2011) Assim, uma das etapas fundamentais do processo de calibração é a verificação de erros, na qual essencialmente se verifica se a modelação foi realizada corretamente e se os resultados são satisfatórios. (Raftery *et al.*, 2011) Esta verificação baseia-se no cumprimento do critério de aceitação, sendo fortemente dependente do julgamento do analista. (Raftery *et al.*, 2011) Conforme a Imagem 43 demonstra o processo de calibração é um processo iterativo, pois geralmente os resultados da primeira simulação não cumprem o critério de aceitação e é necessária investigação adicional ao longo de um processo que se repete até que o resultado pretendido seja obtido. (Raftery *et al.*, 2011)

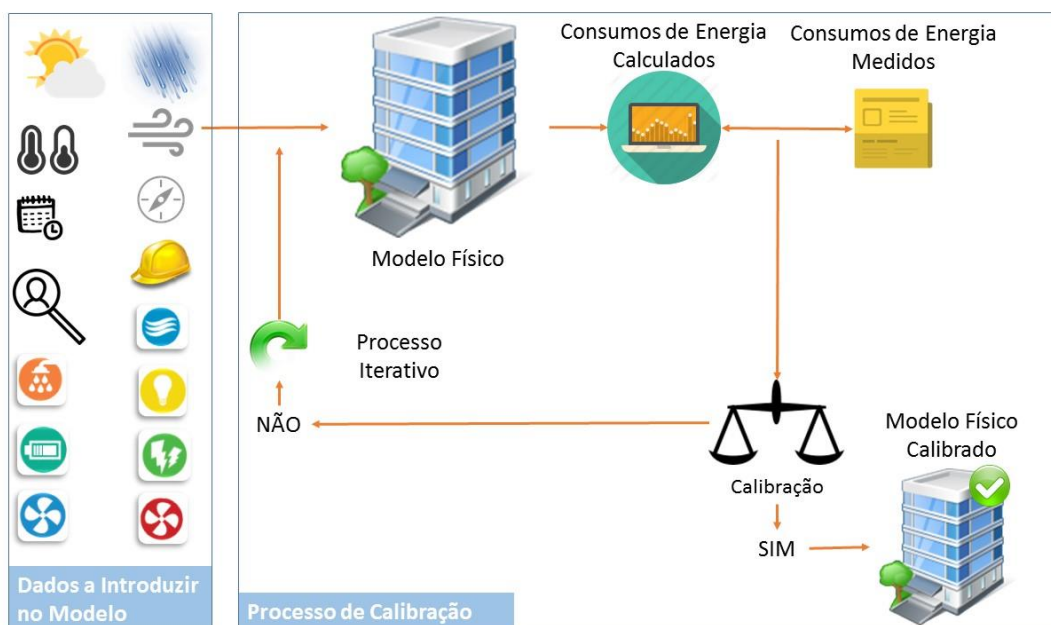


Imagem43 Processo de Calibração

A Imagem 43 demonstra que uma vez obtido um modelo inicial do edifício com todos os dados introduzidos, pode-se proceder à comparação dos consumos de energia calculados com os consumos medidos – consumos obtidos da SD e consumos reais faturados, respetivamente. Mediante o resultado da comparação, o modelo pode ou não ser calibrado. Isto é, o modelo é ou não é validado caso a discrepância entre os consumos sujeitos a comparação seja inferior ou superior ao valor máximo estabelecido, respetivamente. O ponto de partida do processo iterativo referido na Imagem 43 consiste na identificação de possíveis fontes de discrepâncias. (Raftery *et al.* 2011) O processo iterativo muitas vezes consiste na análise parâmetro a parâmetro (análise de sensibilidades), da qual resulta a introdução de alterações no modelo inicial no sentido da sua calibração. Assim, este processo “deve ser repetido de forma iterativa a fim de melhorar o modelo até que seja atingido o nível desejado de precisão”. (Raftery *et al.* 2011)

Para que o processo de calibração seja facilitado e a qualidade dos resultados da SD seja garantida, a precisão, rigor e exatidão do modelo físico criado é fundamental. (Hensen and Lamberts, 2011) Isto é, a qualidade do modelo é diretamente proporcional ao nível de pormenor do processo de calibração, que por sua vez depende do nível de detalhe dos dados introduzidos na construção e caracterização do modelo. (Raftery *et al.* 2011) Contudo, a literatura defende que “não é possível validar um modelo e seus resultados, mas somente aumentar o nível de confiança que é colocado nos mesmos”. (Hensen and Lamberts, 2011) Esta impossibilidade justifica-se tendo em conta o elevado número de parâmetros envolvidos na modelação e a comum carência de informação suficiente sobre os edifícios. (Raftery *et al.* 2011) Por exemplo, o comportamento dos ocupantes dos edifícios é um fator que afeta largamente o consumo de energia nos edifícios e é também um fator difícil de ser estimado; ao não se ultrapassar a incerteza associada a este parâmetro o modelo não será preciso, ou seja, tem ele também uma incerteza associada. (Hensen and Lamberts, 2011) O nível ao qual é realizada a calibração é também ele importante, isto é, a utilização de dados reais mensais em alternativa a dados reais diários e/ou horários ou a análise ao nível do edifício ao invés do nível da utilização final ou do equipamento pode ditar a imprecisão do processo e assim introduzir erros significantes na validação de modelos. Porém, existe também carência deste tipo de dados, sendo vulgar a utilização de valores reais mensais e a análise ao nível do edifício. Esta lacuna de informação aliada à ausência de uma metodologia a seguir no processo de calibração fazem com que o analista influencie de forma significativa este processo, o que pode resultar em elevadas discrepâncias. (Raftery *et al.* 2011) A utilização de dados medidos, em detrimento de dados constantes em documentação relativa ao projeto do edifício, promove também a precisão do modelo criado, dada a maior fiabilidade destes. (Raftery *et al.* 2011) Ou seja, dados fruto de observação e/ou medições no local devem ter prioridade sobre as restantes fontes de informação. (Raftery *et al.* 2011) Porém, nem sempre se encontram reunidas as condições e os meios para que se possa proceder a medições, optando-se muitas vezes pela informação de projeto do edifício. A informação de projeto do edifício deve ser tida em conta, mas também deve estar sempre presente a consciência de que muitas vezes essa informação não é a mais correta dadas as adaptações e atualizações comuns nas primeiras etapas da conceção de um edifício, o que por norma é predominante no edificado já existente. Assim, as incertezas associadas à modelação de edifícios levam à criação de modelos inconsistentes, que podem até coincidir com a realidade devido à compensação das incertezas umas nas outras, mas na verdade não são mais do que uma “representação pobre da realidade”. (Raftery *et al.* 2011)

Contudo e tal como já foi referido, todos os modelos representam suposições quando representam edifícios reais mesmo quando o processo de calibração é realizado de forma detalhada. (Raftery *et al.* 2011) Apesar disto, deve-se sempre realizar a calibração mais detalhada possível, porque modelos mais pormenorizados representam de forma mais próxima o desempenho de edifícios reais. (Raftery *et al.* 2011) Para tal, devem ser evitadas simplificações e aproximações. (Raftery *et al.* 2011) A ação do analista também pode afetar bastante o processo de calibração, sendo fundamental ter em conta o importante papel do mesmo em todo o processo, desde a definição do critério de aceitação até às opções realizadas ao longo do

processo de modelação do edifício. Também a interação entre o analista e todas as entidades conhecedoras do edifício (serviços técnicos, utilizadores, entre outras) é um fator importante para a calibração de modelos, sendo favorável o fácil diálogo, a interajuda e proatividade entre estes.

Além da dificuldade inerente à criação de um modelo rigoroso e preciso, a sua obtenção acresce complexidade ao processo de calibração, simulação e ao próprio manuseamento do modelo. (Hensen and Lamberts, 2011) Tal como a Imagem 44 demonstra, quanto maior for o nível de detalhe do modelo (fator que eleva a complexidade) menor é o possível erro associado à previsão do desempenho.

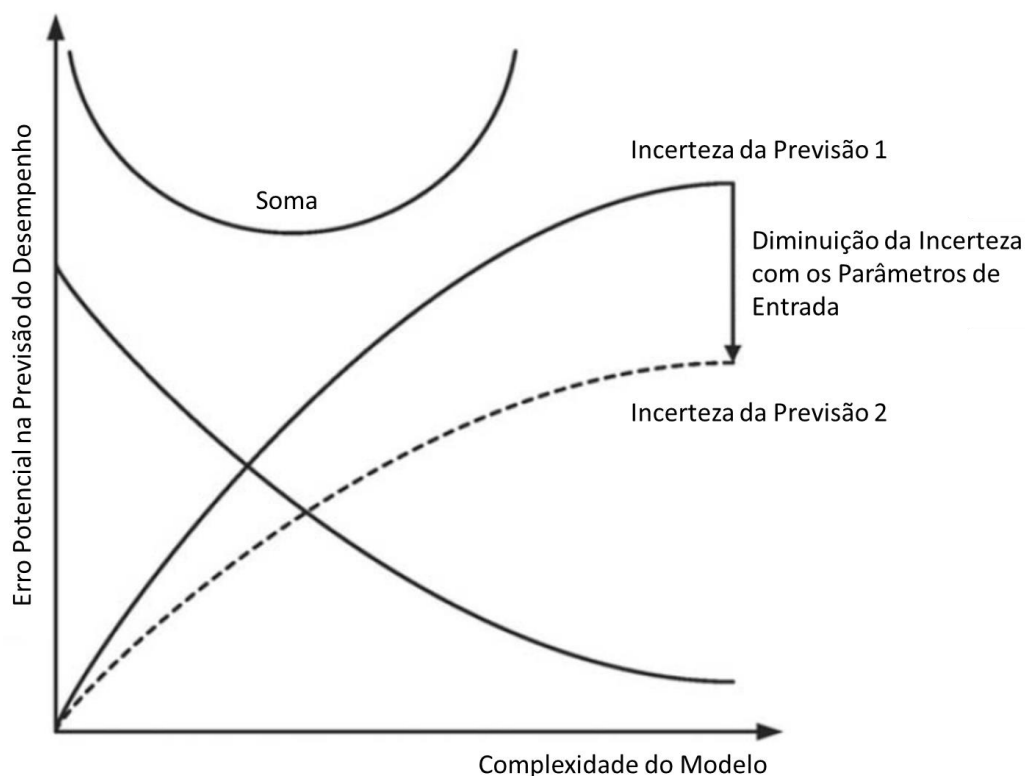


Imagem 44 Possível Erro na Previsão do Desempenho versus Complexidade do Modelo

Uma vez que a complexidade não é uma característica desejada em nenhum tipo de processos, existe literatura que defende que: dado “todos os modelos de simulação serem simplificações da realidade”, o desafio da modelação consiste em obter-se um correto modelo simplificado da realidade; assim deve ter-se por objetivo manter o modelo o mais simples possível mantendo os objetivos do estudo de simulação. (Hensen and Lamberts, 2011) No entanto, as simplificações devem resultar de uma cuidada e prudente tomada de decisão. Simplificações em demasia podem tornar duvidável todo o modelo.

Quando anteriormente se referiu a palavra “assertividade”, foi com o propósito de enaltecer o verdadeiro significado da mesma. Ou seja, com a calibração não se garante que o modelo desenvolvido seja “o modelo” correto ou errado, simplesmente é possível perceber-se o nível de disparidade do mesmo com a realidade. Tendo em conta esse distanciamento da realidade, obtém-se segurança para se confiar ou não no modelo.

2.4. Otimização Energética e Económica

A otimização energética e económica, do desempenho do edifício Central e da Reitoria, irá passar por aplicar um conjunto de soluções de reabilitação energética avaliadas quanto à sua viabilidade técnica e económica. A aplicação das soluções propostas seguirá uma hierarquia, que resultará de uma análise prévia do critério hierárquico, estabelecido, associado a cada solução. No sentido da viabilidade técnica, serão avaliados os indicadores de desempenho energético resultantes da aplicação das soluções. No sentido da viabilidade económica, será desenvolvido um modelo de viabilidade detalhado, assente em conceitos económicos e financeiros, abrangente a mais do que um possível cenário económico futuro. Este modelo dinâmico será desenvolvido segundo os conhecimentos adquiridos em unidades curriculares do mestrado em Sistemas Energéticos Sustentáveis e basear-se-á na análise de indicadores económicos selecionados. Tanto na análise da viabilidade técnica, ou energética, como na análise da viabilidade económica, serão estabelecidos critérios de aceitação que terão de ser cumpridos pelos indicadores, para que a otimização energética e económica proposta seja considerada viável. Como objetivo extra, os resultados da análise de viabilidade económica por recurso ao modelo dinâmico desenvolvido serão comparados com os resultados da análise de viabilidade económica por recurso ao modelo simplificado, publicado no despacho número 15793-L do pacote legislativo do SCE.

A caracterização das soluções de reabilitação energética propostas, a descrição do critério hierárquico e da hierarquia resultante, a caracterização do modelo dinâmico desenvolvido e do seu processo de desenvolvimento, a seleção e descrição dos indicadores económicos, a definição dos critérios de aceitação e toda a análise de viabilidade técnica e económica encontram-se descritas no capítulo 4.

3. O Edifício Central e da Reitoria da UA

A Universidade de Aveiro (UA) nasceu a 11 de Agosto de 1973, na cidade de Aveiro, com pouco mais do que meia centena de docentes, discentes e funcionários e a operar em edifícios cedidos e alugados temporariamente; como é exemplo o edifício cedido pelo Centro de Estudos de Telecomunicações (CET), onde inicialmente se situaram os Departamentos de Eletrónica e Telecomunicações, Física, Química e Línguas Modernas, e a casa arrendada na rua Mário Sacramento, onde funcionavam a Reitoria e todos os serviços administrativos. (Aveiro, 1994; Sousa *et al.*, 2014) Nessa altura Aveiro caracterizava-se por ser “uma cidade tipicamente provinciana, conquanto simpática, com o seu casario heteróclito envolvido por uma série de quintas, dentro ainda do seu espaço urbano.” (Aveiro, 1994) Hoje Aveiro, fruto do crescimento da UA que modificou significativamente o seu semblante, é uma cidade dinâmica e de média dimensão, com cerca de 75000 habitantes. (Aveiro, [s.d.], 1994) Aveiro encontra-se mais estendida para poente, mais urbana e menos provinciana; consequências das muitas propriedades hortícolas que “tiveram de ceder lugar à edificação daquilo que é, já hoje, uma pequena cidade dentro da cidade”, a Universidade de Aveiro. (Aveiro, 1994; Sousa *et al.*, 2014) Assim, a cidade de Aveiro cresceu sem que se instalasse o caos urbanístico e sem comprometer a qualidade de vida. (Aveiro, [s.d.], 1994) Foi principalmente nos anos 90 que se deu a grande transformação da universidade em termos físicos e foi essa transformação a que mais contribuiu para a metamorfose da própria cidade de Aveiro. (Aveiro, 1994) O crescimento da UA fez-se predominantemente segundo uma componente horizontal, tendência da região, e na sua construção deu-se privilégio à argila, material típico do litoral, o que deu o colorido tão característico do tijolo e da tijoleira. (Aveiro, 1994) A UA atualmente é “composta por espaços e edifícios em Aveiro, em Águeda e em Oliveira de Azeméis”. (Sousa *et al.*, 2014) Em Aveiro, onde se encontra a importância do presente projeto, existem dois *camp* (o *campus* de Santiago e o *campus* da Agra do Castro) (Imagem 45) compostos por 65 edifícios obras dos mais conceituados arquitetos nacionais, num total de 15 departamentos, uma secção autónoma e o restante número edifícios de Investigação e Desenvolvimento (I&D), serviços administrativos, cantinas, restaurantes, residências, entre outros. (Aveiro, [s.d.]; Sousa *et al.*, 2004)

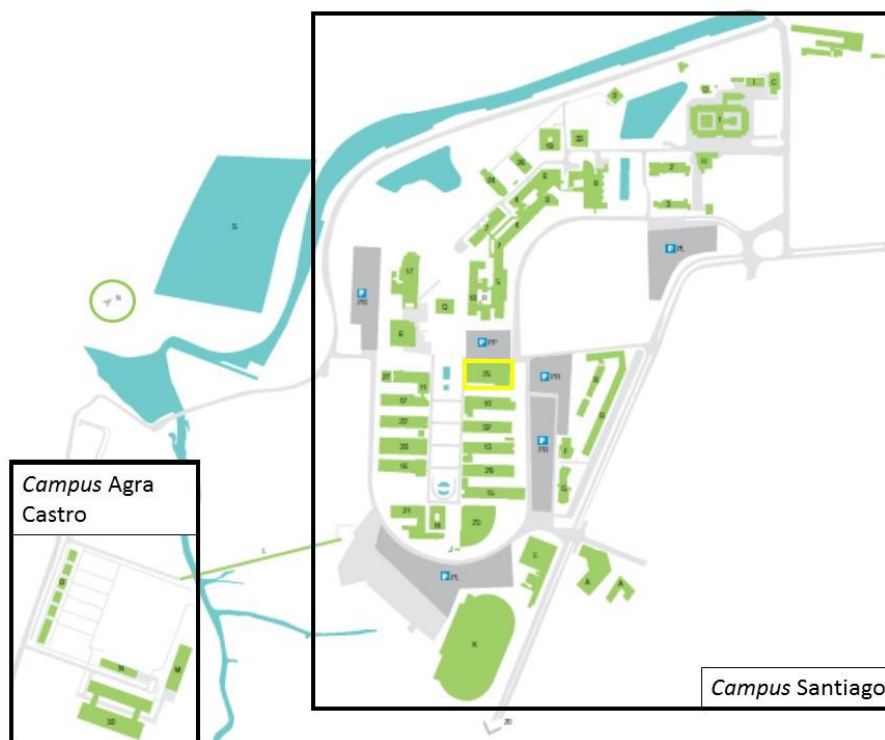


Imagem45 Campi UA em Aveiro

Inicialmente pretendia-se a construção de uma edificação contínua, que traduzisse a relação e a unidade interdepartamental. (Aveiro, 1994) Mas, dadas as dificuldades operacionais e de circulação interna e a expansão e diversidade, optou-se pela autonomia departamental sem pôr em causa a unidade do conjunto. (Aveiro, 1994) Assim se foi construindo o *campus* universitário, tradição anglo-americana, ou cidade universitária, no qual os vários edifícios autossuficientes se unem por praças axiais e por espaços verdes. O ponto de partida para a construção dos *campi* tal como existe hoje foi o “espaço público exterior que articulasse os diversos edifícios departamentais de construção independente”, isto é, depois de “desenhados os “eixos” e “praças” de circulação pública, foi possível e suficiente dimensionar as “parcelas” para as novas construções”. (Sousa *et al.* 2014) Assim a Praça Central, o Adro da Reitoria e a Alameda foram a espinha dorsal do projeto de construção dos *campi* da UA (Imagem 46). (Sousa *et al.* 2014)

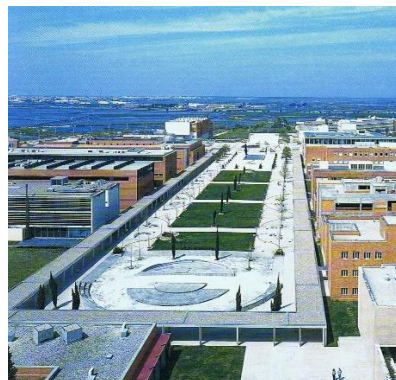
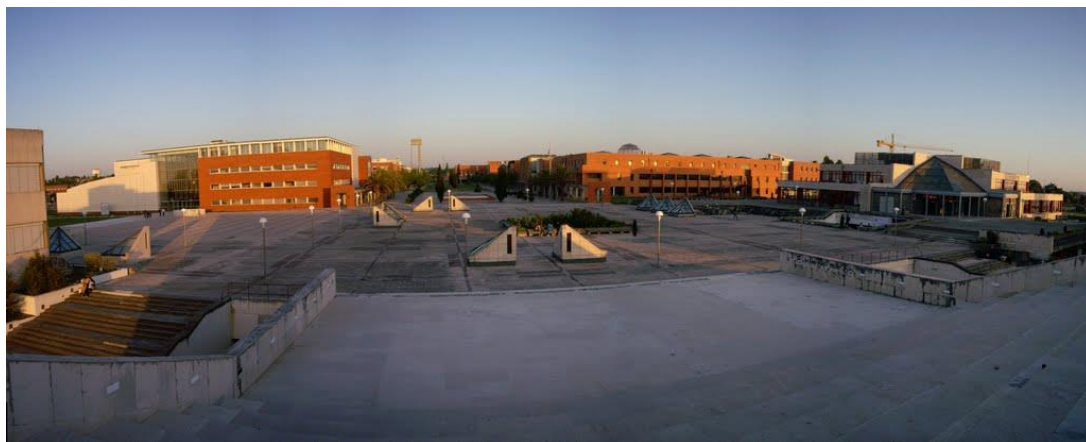


Imagem 46 Praça Central (em cima), Adro da Reitoria (em baixo à esquerda) e Alameda (em baixo à direita) (Arquitectos, [s.d.]; Morgado, [s.d.]; Sousa *et al.* 2014)

Ao longo da edificação dos *campi* existiu a preocupação de valorização dos recursos naturais, paisagísticos e arquitetónicos e de enquadramento no meio em que se insere, tendo sido promovida a construção de jardins e zonas verdes, a fim de minimizar a ofensa que este tipo de obra naturalmente tem sobre a natureza. (Aveiro, 1994; Sousa *et al.* 2004) A não existência de barreiras, portas ou fronteiras nos *campi* torna a UA um lugar de passagem e de visita. (Sousa *et al.* 2004, 2014)

A Reitoria é primeiramente instalada no Pavilhão III (Imagem 47), cuja construção tem início em 1980 e após concluída dá-se por finalizada a primeira fase de construção do *campus* universitário. (Aveiro, 1994) Hoje este edifício acolhe o Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), o Centro de Investigação em

Materiais Cerâmicos e Compósitos (CICECO) e o Centro de Tecnologia Mecânica e Automação (TEMA). (Aveiro, [s.d.])



Imagem47 Pavilhão I(Aveiro, 1994)

A Reitoria de uma universidade é a sede da sua administração, que representa o centro e a convergência de todo o *campus* universitário. (Aveiro, 1994) Assim, pode-se considerar que a Reitoria é a “casa mãe” da instituição, neste caso, da Universidade de Aveiro. (Arquitectos, [s.d.])

O atual edifício Central e da Reitoria (Imagem 48), cujo projeto decorreu entre 1992 e 1997, foi construído entre 1999 e 2000. (Sousa *et al.* 2014) Este edifício é um projeto de arquitetura de Gonçalo Byrne com coordenação de Manuel Aires Mateus; instalações elétricas por Adriano de Almeida da empresa Joule, Projectos, Estudos e Coordenação, Lda.; instalações mecânicas por José Galvão Teles da empresa José Galvão Teles, Engenheiros, Lda.; águas e esgotos por Manuel José Grade Ribeiro da empresa Grade Ribeiro, Estudos, Projectos e Consultoria, Lda.; e construção pela empresa Edifer. (Sousa *et al.* 2014)



Imagem48 Edifício Central e da Reitoria

Os edifícios longos e baixos a acompanharem a margem da ria e os revestimentos exteriores em tijolo maciço à vista, acabou por marcar a imagem geral dos *campi* principalmente do *campus* de Santiago, e o edifício Central e da Reitoria não fugiu à regra. (Sousa *et al.*, 2014) Localizado “na esquina da Praça Central”, “simultaneamente no centro e na charneira do *campus* universitário”, “dialogando diagonalmente com a Biblioteca”, o edifício Central e da Reitoria pode, segundos os arquitetos, ser dividido em três partes: o auditório ou “Aula Magna”, a esquina com gabinetes e o longo bloco com gabinetes (Imagem 49). (Arquitectos, [s.d.]; Sousa *et al.*, 2014)



Imagem49 Auditório, Esquina e Bloco com Gabinetes (respectivamente, [Arquitectos, [s.d.]; Aveiro, [s.d.]])

O auditório é mais baixo que as restantes partes do edifício e tem cobertura curva, a esquina com gabinetes tem planta em L e revestimento exterior em tijolo à vista e, por fim, o longo bloco com gabinetes tem a fachada sudeste (SE) marcada por colunatas que suportam as saliências protetoras. (Sousa *et al.*, 2014) Os arquitetos quiseram dar a ideia de continuidade do espaço exterior no interior do edifício, tornando-o num “microcosmos” ou “micro-cidade” dos *campi* onde se reflete toda a vida académica desta instituição e onde todas as atividades têm impacto exterior. (Arquitectos, [s.d.]; Aveiro, 1994; Sousa *et al.*, 2014) Exemplos deste prolongar dos espaços exteriores para o interior são o Átrio Monumental, o Pátio/*Impluvium*⁸ e a Rua (Imagem 50). (Arquitectos, [s.d.]; Sousa *et al.*, 2014)

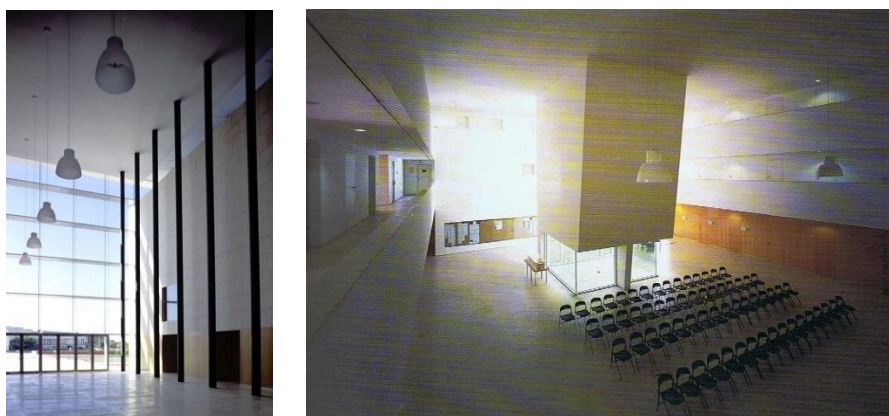


Imagem50 Átrio MonumentalPátio (respectivamente, [Arquitectos, [s.d.]])

⁸ Pátio descoberto, ou tanque, no meio das casas romanas, onde afluía a água das chuvas proveniente dos telhados. (Editora, [s.d.])

Este edifício, que é parte integrante do *campus* de Santiago da UA, de certo modo, remata o longo processo de construção do *campus* universitário. (Aveiro, 1994) Este GES, edifício Central e da Reitoria, será alvo do presente estudo.

3.1. Sumário

Este capítulo tem como objetivo caracterizar o edifício sobre o qual se desenvolveu o modelo energético simplificado com recurso ao *software* DesignBuilder. Esta caracterização teve por base a informação resultante de um levantamento realizado ao edifício em análise por uma entidade independente e exterior à UA. Tal como fora referido no capítulo 2, seguiu-se uma ordem hierárquica na utilização das fontes de informação disponíveis para a caracterização do edifício em análise. Tendo em conta esta hierarquia e a disponibilidade do levantamento referido, no presente capítulo o levantamento foi sempre a fonte de informação preferencialmente utilizada. Contudo, a análise dos dados apresentados no levantamento teve sempre por base o espírito crítico e a comparação com realidade construída perceptível. Assim, foi efetuada uma seleção dos dados mais completos, sólidos e coerentes, à qual se sucedeu a aplicação dos mesmos. Por vezes, a informação constante no levantamento foi complementada com dados recolhidos dos projetos de construção do edifício em causa, bem como com dados facultados pela equipa de Serviços de Gestão Técnica e Logística (SGTL) da UA.

3.2. Caracterização do Edifício

O presente estudo trata um GES, ou seja, um edifício de comércio e serviços com uma área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, igual ou superior a 1 000 m². O edifício alvo do presente estudo trata-se do edifício Central e da Reitoria, que é parte integrante do *campus* de Santiago da UA (retângulo a amarelo da Imagem 45).

Este edifício apresenta uma área total de aproximadamente 7 500 m², incluindo espaços de circulação, arrumos, arquivos, zonas técnicas, estacionamento e *courrette* (espaços úteis e não úteis; espaços complementares e não complementares; espaços condicionados e não condicionados). Desta área só cerca de 6 000 m² correspondem a espaços com necessidades de climatização e/ou ventilação, ou seja, 6 000 m² correspondem a espaço condicionado. Aproximadamente 450 e 60 m² correspondem, respetivamente, a espaços complementares e não úteis, o que confere uma A_p aproximada de 7 100 m² e verifica a aplicabilidade da designação GES. Assim, o edifício Central e da Reitoria encontra-se no âmbito da EPBD, do SCE e do seu pacote legislativo. Dada a dimensão do edifício em análise e o facto de a maioria dos espaços nele existentes ser climatizada, já era expectável a aplicabilidade da designação GES.

O edifício Central e da Reitoria é composto por 5 pisos (um abaixo do solo, um ao nível do solo e três acima do solo), nos quais os espaços predominantes são gabinetes, arquivos, arrumos e salas de reunião. A estrutura díspar da “Aula Magna” confere-lhe a particularidade de se desdobrar em 5 pisos intermédios e na

⁹ Entenda-se por *courrette*, também denominada *courrette* técnica, (...) um ducto, geralmente construído em alvenaria, por onde pode ser feita a evacuação de gases e ventilação e por onde passam as condutas de águas, gás e outros serviços” ou um “espaço oco por onde podem passar as tubagens”. (EngenhariaCivil.com, [s.d.]; Laranjo and Fonseca, 2007)

zona de grande dimensão que serve de auditório. Na Imagem 51 pode-se observar o aspeto físico do modelo simplificado do edifício Central e da Reitoria e compara-lo com o edifício real.



Imagem51 Edifício Central e da Reitoria (edifício real e modelo simplificado)

3.2.1. Localização e Orientação Solar

Tal como foi descrito no capítulo anterior, na SD de um edifício assistida por computador, ou seja, realizada por recurso a *software* adequado, uma das primeiras etapas consiste em localizar o edifício sujeito a simulação. A localização de um edifício permite situar o mesmo no espaço e assim definir parâmetros fundamentais para uma correta simulação dinâmica, tais como: iluminação natural; condições atmosféricas; características físicas do local; entre outras. No presente capítulo já foi referido que o edifício em análise é o edifício Central e da Reitoria. Este encontra-se construído em Portugal continental, mais concretamente no distrito e concelho de Aveiro, freguesia de Glória (Imagem 52).

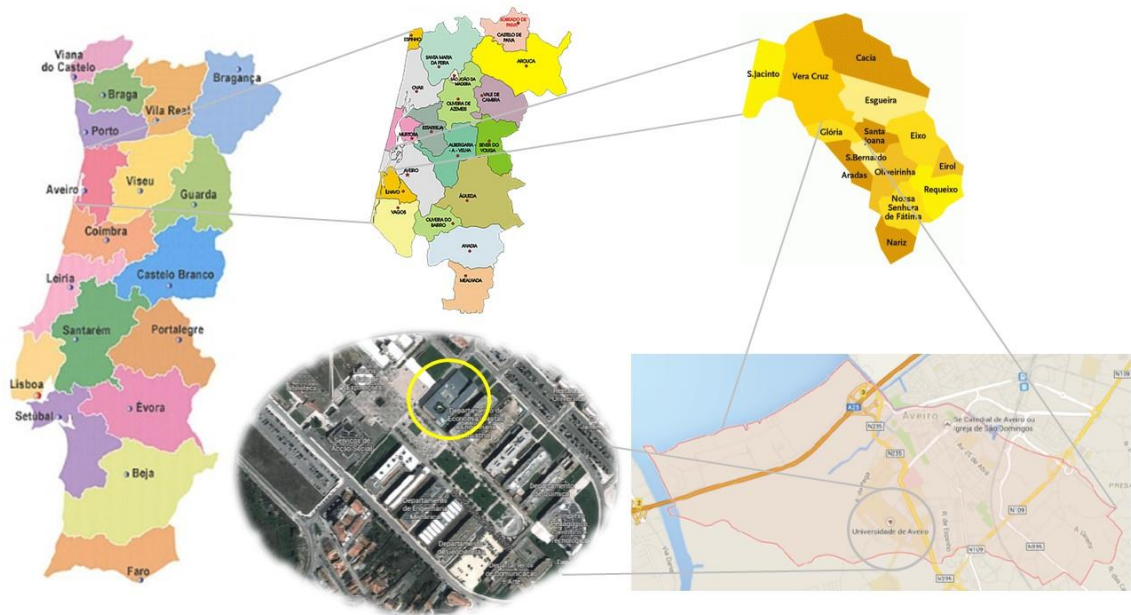


Imagem52 Localização do Edifício Central e Região (PCP, 2010; Portugal, 2003; Wikienergia, [s.d.]) (outras imagens obtidas pelo recurso às ferramentas Google Earth e Google Maps)

Dividindo o território continental nacional em região N/S e tendo o rio Tejo como referência, Aveiro situa-se a N do rio Tejo logo pertence à região N (Imagem 53). Segundo a NUTS II Aveiro situa-se na região Centro de Portugal continental (Imagem 54).



Imagem53 Região N/S com base no Rio Tejo (Wikipédia, [s.d.])



Imagem54 NUTS II (Martin, 2010)

De acordo com a NUTS III, Aveiro localiza-se na unidade territorial Baixo Vouga (Imagem 55).

Tabela 01 – NUTS III

NUTS III	Municípios
Minho-Lima	Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira
Alto Trás-os-Montes	Alfândega da Fé, Botas, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Ribeira de Pena, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso, Vinhais
Centro	Aveiro, Barcelos, Braga, Bragança, Castelo Branco, Évora, Faro, Fátima, Guarda, Horta, Idanha-a-Nova, Leiria, Lisboa, Lourenço Marques, Madeira, Matosinhos, Vila Rica, Vila Verde
Baixo Vouga	Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Tâmega	Amarejo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia
Douro	Amarejo, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende
Entre Douro e Vouga	Alipio, Amamar, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Mesão Frio, Moimenta da Beira, Murça, Penedono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Coa, Vila Real
Baixo Vouga	Amora, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra
Baixo Vouga	Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Baixo Vouga	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira

Imagem55 NUTS III (Emprego, 2013e)

A uma altitude de 11 m e com uma altura ao solo de, aproximadamente, 15 m (fruto dos seus 3 pisos acima do solo), o edifício Central e da Reitoria apresenta uma distância da costa do oceano Atlântico de, aproximadamente, 8 km (superior a 5 km) e da Ria de Aveiro de cerca de 2 km (dados obtidos pelo recurso à aplicação CLIMAS-SCE e à ferramenta 3D Google Earth). Posto isto, é possível concluir-se que a região na qual o edifício se situa é a região A. Dada a localização e a própria estrutura do *campus* no qual está inserido, pode-se considerar que este edifício se encontra na periferia de uma zona urbana (rugosidade II).

Na imagem que se segue pode-se verificar qual a orientação solar das diferentes fachadas do edifício Central e da Reitoria. Em cima à esquerda a fachada orientada a nascente (este ou E), em cima também mas à direita a fachada orientada a N, em baixo à esquerda a fachada orientada a poente (oeste ou O) e, por fim, em baixo à direita a fachada a S.



Imagem56 Orientação Solar das Fachadas do Edifício (imagens obtidas através do Prof. Nelson Martins)

Apesar de desatualizado (ainda em construção parte do atual *campus* de Santiago), este conjunto de imagens demonstra a também atual existência de obstáculos na proximidade do edifício. Nomeadamente, o edifício do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial (DEGEI) (seta a amarelo na Imagem 56) e a estrutura de circulação da alameda (seta a azul na Imagem 56) nas fachadas orientadas a nascente e poente, respetivamente. A fachada orientada a S sofre influência de ambos os obstáculos.

A Imagem 57 exemplifica a trajetória do sol ao longo do primeiro dia de cada mês do ano para o local onde se encontra construído o edifício Central e da Reitoria.

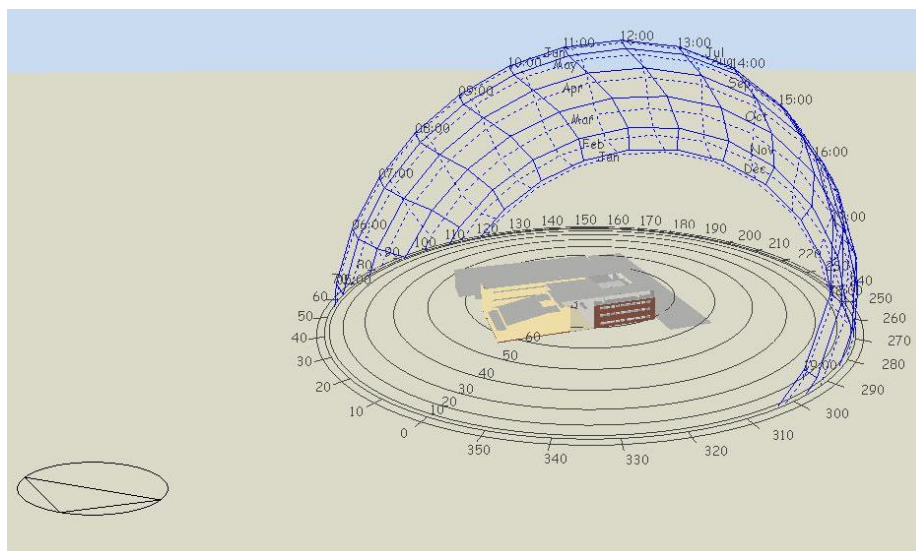



Imagem57 Trajetória do Sol ao Longo do Ano

Concluída a localização do edifício, segue-se a recolha da base de dados climáticos. A já mencionada aplicação CLIMAS-SCE foi a ferramenta utilizada para a obtenção dos dados climáticos, na sua versão 1.05. A Imagem 58 demonstra o *layout* desta aplicação após a introdução da localização do edifício em análise e a Imagem 59 após a introdução adicional da altitude aproximada da área onde se encontra implantado o mesmo (11 m).

Seleção por município

Aveiro



preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

Zona climática

NUTS 3: Baixo Vouga

Latitude: 40,6 °N (nominal)

Longitude: 8,6 °W (nominal)

Altitude: 50 m (referência)

Local específico

Município: Aveiro

Altitude: 50 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	6,3	6,3 me
T média:	9,5	9,5 °C
Graus-dia:	1337	1337 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	20,6	20,6 °C

Zonas de verão e inverno

V 2 I 2

Imagem58 Layout CLIMASCE após Localização

Zona climática

NUTS 3: Baixo Vouga

Latitude: 40,6 °N (nominal)

Longitude: 8,6 °W (nominal)

Altitude: 50 m (referência)

Local específico

Município: Aveiro

Altitude: 11 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	6,3	6,2 meses
T média:	9,5	9,7 °C
Graus-dia:	1337	1294 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	20,6	20,7 °C

Zonas de verão e inverno

V 2 I 1

Imagem59 Layout CLIMASCE após Altitude

Tal como já fora referido no capítulo anterior, o *layout* da aplicação em causa apresenta uma síntese de informação da qual constam as zonas climáticas no âmbito do despacho número 15793-F. Como se pode verificar, a Imagem 58 e a Imagem 59 apresentam diferentes zonas climáticas. Esta diferença é fruto da introdução ou não da altitude do local onde se encontra o edifício. O valor da altitude não é um *input* obrigatório, uma vez que após a introdução da localização do edifício este é automaticamente atualizado mediante o município selecionado tendo por base a Z_{REF} (despacho número 15793-F). Contudo, pode ser introduzido numa ótica de ajuste dos dados climáticos e tal como a Imagem 58 e a Imagem 59 demonstram, as zonas climáticas são ou podem ser afetadas. Dada esta situação, foram realizados os cálculos necessários à obtenção das zonas climáticas (equação (7)) e os resultados coincidem com a Imagem 59 (Anexo 1), ou seja, ao edifício Central e da Reitoria correspondem as zonas climáticas V2 e I1. Estas zonas climáticas pressupõem uma estação de aquecimento suave e uma estação de arrefecimento mediada (entre o mais e menos severo verão).

Para concluir, é importante explicar que a altitude aproximada da área onde se encontra implantado o edifício em análise foi obtida através do geoPortal do LNEG. Tal como a Imagem 60 demonstra, o geoPortal possui a funcionalidade de calcular a altitude num ponto no mapa.

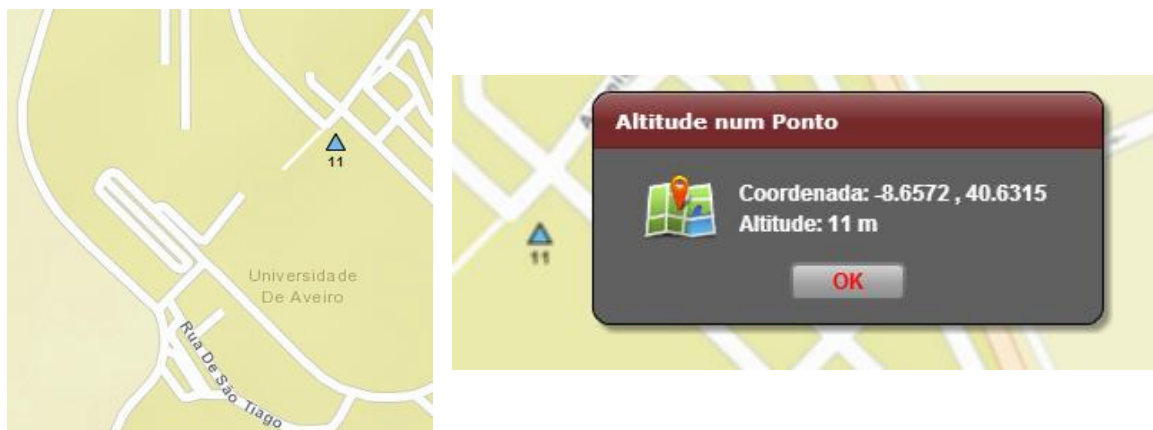


Imagem60-Altitude

Assim, por indicação da aplicação CLIMAS-SCE, obteve-se a altitude do local específico por recurso ao visualizador de mapas do geoPortal do LNEG.

Tal como já fora referido o *software* utilizado foi o DesignBuilder (interface do EnergyPlus), este disponibiliza uma base de dados de localizações padrão de todo o mundo que tem por base os dados climáticos/meteorológicos de projeto da ASHRAE. Relativamente a Portugal, o conjunto de localizações padrão não abrange todos os concelhos e pode dar-se a necessidade de se optar pelo *template* no qual melhor se enquadra o edifício em análise. Como alternativa pode ser introduzido manualmente um novo *template*, mas este é um processo complexo, demorado e que poderá tornar pesado o ficheiro de SD. Nesta base de dados encontram-se ficheiros EPW, que, ao contrário das localizações padrão, encontram-se disponíveis para praticamente todos os locais e assim a utilização de ficheiros de localizações próximas às localizações em análise não se torna necessário. Contudo e à semelhança da grande parte da informação constante na base de dados do *software*, pode-se introduzir qualquer informação desde que no correto formato.

Dado a base de dados de localizações do *software* DesignBuilder não abranger todos os concelhos, na localização do presente projeto optou-se pelo *template* Porto/Pedras Rubras (Imagem 61) como o que melhor descreve a localização do edifício (Aveiro).

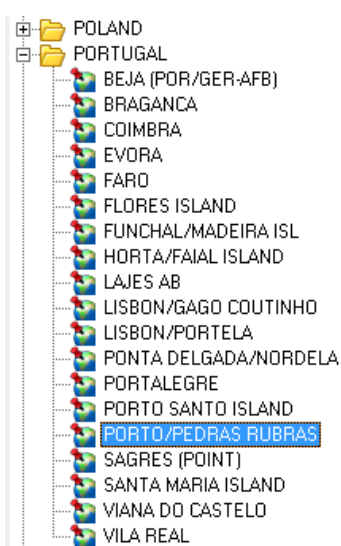


Imagem61 Localização Padrão

Relativamente à informação climática/meteorológica horária optou-se por importar para o *software* um ficheiro proveniente do LNEG, como alternativa ao ficheiro relativo à informação meteorológica/climática horária do distrito de Aveiro existente na base de dados. O que se justifica dada uma maior pormenorização do local do edifício em análise. Depois de obtido o ficheiro EPW e depois de importado para o DesignBuilder, é necessário processar ou converter a informação nele contida (Imagem 62).

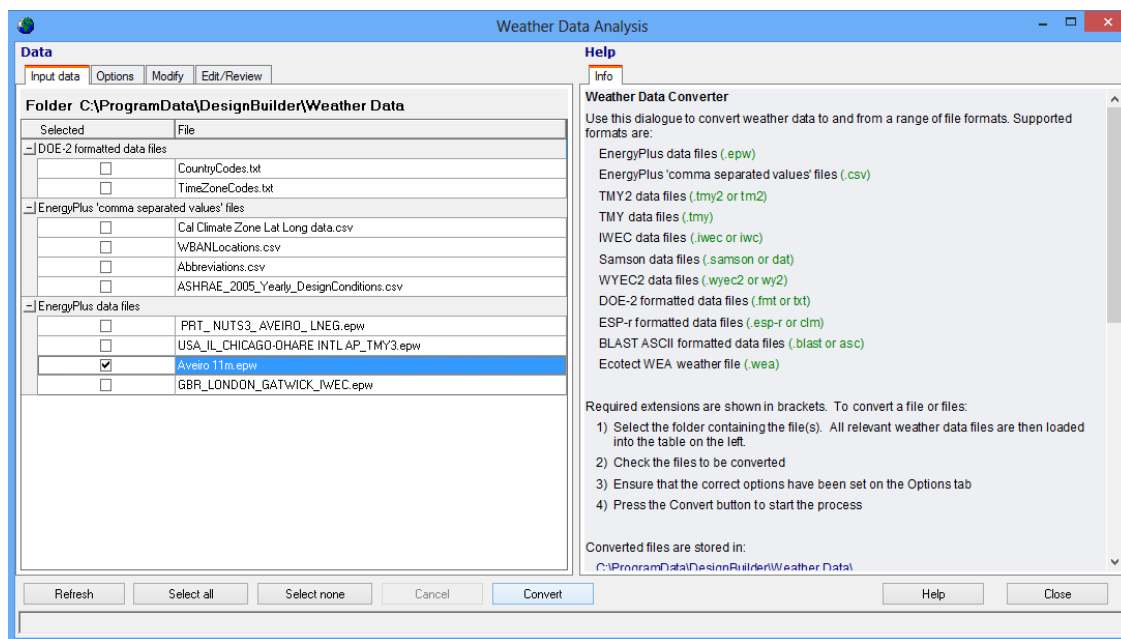


Imagem62 Processamento do Ficheiro EPW

Este processo (Imagem 62) permite ajustar o ficheiro ao *software* e converte-lo em outros formatos necessários (Imagem 63), como é exemplo o formato stat (*statistics*), fundamental para a obtenção da informação climática na estação de aquecimento (inverno) e de arrefecimento (verão).

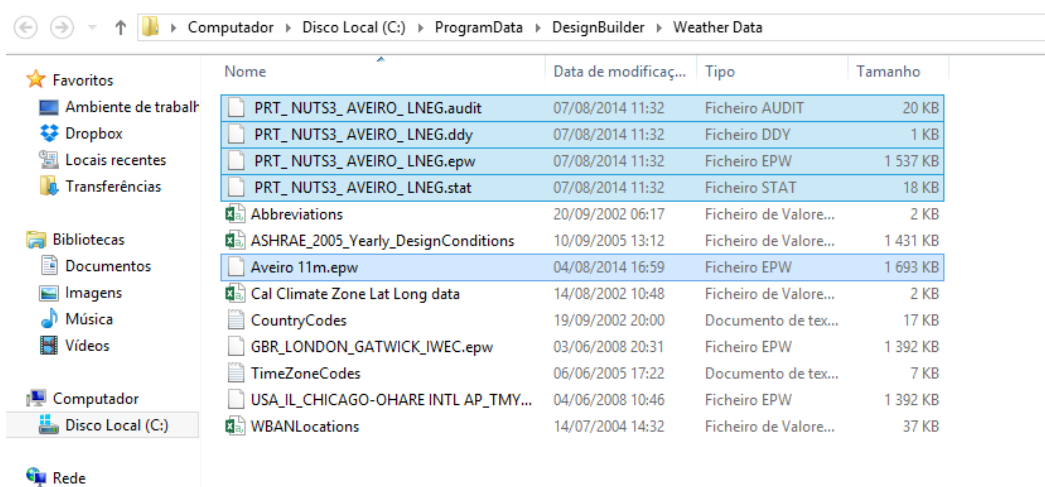


Imagem63 Conversão do Ficheiro EPW

A Imagem 63 mostra os ficheiros resultantes do processamento e conversão do ficheiro Aveiro 11m.epw. O ficheiro PRT_NUTS3_AVEIRO_LNEG.epw é o ficheiro utilizado no *software* (Imagem 64).

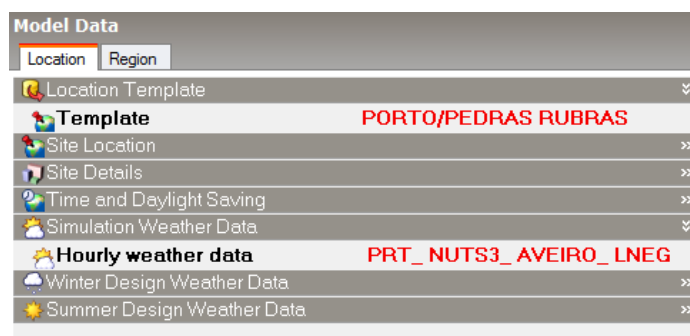


Imagem 64 Dados do Modelo (model data)

O processo ilustrado pela Imagem 62 deve ser sempre executado, mesmo quando o ficheiro EPW a utilizar constar na base de dados do *software*. Isto para que sejam gerados os ficheiros ilustrados na Imagem 63.

3.2.2. Soluções Construtivas

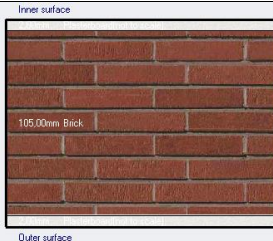

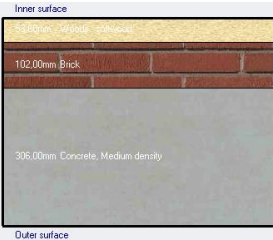
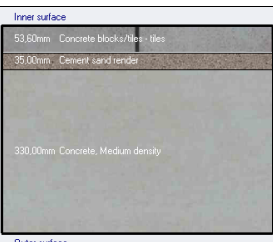
Na caracterização das soluções construtivas do edifício Central e da Reitoria, foi tida em conta a informação disponível no levantamento realizado pela entidade independente e exterior. Na Tabela 5 encontram-se evidenciadas as soluções construtivas aplicadas ao modelo do edifício em estudo. Nesta tabela, a caracterização dos elementos da envolvente opaca é realizada do interior para o exterior.

Tabela5 Soluções Construtivas

Elemento da Envolvente Opaca	Materiais		l (m)	U (W/(m ² C))	Desenho de Pormenor
Paredes Externas em Pedra	Reboco		0,0501	1,30	
	Bloco de Betão		0,1000		
	XPS ¹⁰		0,0001		
	Pedra Natural		0,2505		
Paredes Externas em Tijolo	Reboco		0,0111	1,30	
	Bloco de Betão		0,1000		
	XPS		0,0005		
	Tijolo Maciço		0,2505		
Paredes Externas em Contato com o Solo	Betão Armado		0,1540	1,89	
	XPS		0,0037		
	Alvenaria de Tijolo		0,1540		
Cobertura (plana)	Betão Normal		0,2020	0,71	
	Painel Sandwich	Aço Inoxidável	0,0280		
		Fibra Mineral/Lã	0,0001		
		Aço Inoxidável	0,0280		
Cobertura Verde (plana)	Betão Normal		0,2000	0,59	
	Betonilha		0,0350		
	Asfalto		0,0200		
	EPDM ¹¹		0,0100		
	Substrato de Plantas (Gramma/Erva) (green roof material)		0,2050		

¹⁰ Poliestireno expandido extrudido ou, em inglês, *Extruded Polystyrene* (XPS).

¹¹ Monómero de etileno propileno dieno ou, em inglês, *Ethylene Propylene Diene Monomer* (EPDM).

Paredes Internas Piso -1	Reboco	0,0020	2,32	
	Alvenaria de Tijolo Furado	0,1050		
	Reboco	0,0020		
Paredes Internas Piso -1 em Contato com as Caixas de Elevadores	Reboco	0,0011	2,45	
	Betão	0,1900		
Paredes Internas Auditório	Madeira	0,0536	0,93	
	Alvenaria de Tijolo	0,1020		
	Betão	0,3060		
Pavimento Interno Piso 0 em Contato com o Estacionamento	Revestimento Cerâmico	0,0536	2,01	
	Betonilha	0,0350		
	Betão Normal	0,3300		

Dos elementos caracterizados na Tabela 5, as paredes externas em pedra e tijolo e as coberturas representam a envolvente exterior, as paredes internas do piso -1 em contato com as caixas de elevadores e o pavimento interno do piso 0 em contato com o estacionamento representam a envolvente interior, as paredes externas em contato com o solo representam a envolvente em contato com o solo e, por fim, as paredes internas do piso -1 e do auditório representam a envolvente sem requisitos.

Na análise dos dados do levantamento referentes às características das soluções construtivas, foi necessário realizar-se algumas considerações e ajustes. Considerações e ajustes estes maioritariamente fruto da falta de detalhe quanto aos constituintes e às espessuras (l) dos elementos construtivos da envolvente opaca do edifício em análise. Assim, muitas vezes foram adotadas as soluções fornecidas por defeito pelo *software* de SD associadas ao *template* de construção “Portugal, Medium weight”; selecionado como base à criação das soluções construtivas do modelo do edifício em análise. Estas soluções foram cruzadas com a informação do levantamento, substituindo-se sempre a informação por defeito pela informação existente no levantamento, ou seja, dando-se privilégio aos dados do levantamento sempre que disponíveis. Neste sentido, tomou-se como prioritário estabelecer-se os valores de U constantes no levantamento. O *software* de SD utilizado, DesignBuilder, permite estabelecer o valor de U pretendido para cada elemento da envolvente opaca e envidraçada, sendo que, no caso da envolvente opaca (*Set Uvalue*), para que seja aplicado o valor de U desejado deve ser aceite a sugestão de alteração na solução construtiva em causa. Por norma esta alteração consiste em aumentar ou diminuir a l do material ou camada isolante dos elementos

construtivos, tal como a Imagem 65 exemplifica. Antes de se recorrer a esta funcionalidade do *software*, foi necessário majorar-se em 35% os valores de U das paredes externas do edifício (paredes externas em contato com o solo, em pedra e tijolo). Tal como fora referido no capítulo anterior, sempre que não seja possível identificar-se e caracterizar-se as PTP deve-se majorar os valores de U das paredes externas. Dado nada ser mencionado no levantamento quanto a estes elementos, optou-se por esta representação alternativa do peso das PTP no desempenho energético do edifício. Também será tida em consideração a majoração associada às PTL.

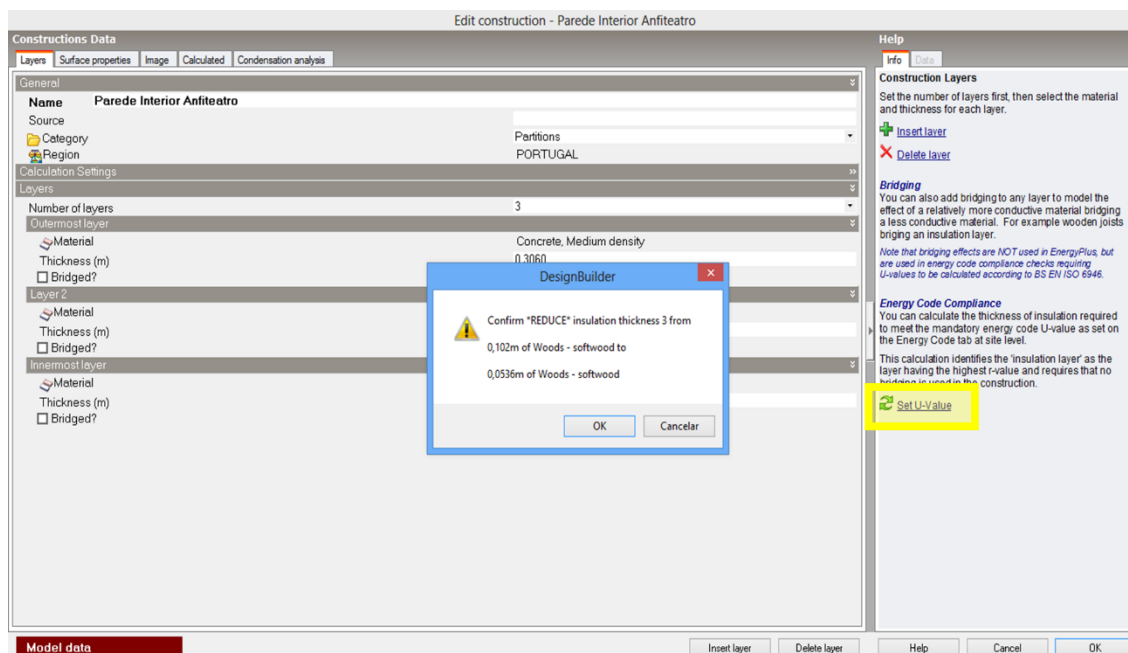


Imagem65 Set UValue

Posto isto, no caso das paredes exteriores em pedra e tijolo adotou-se o betão, o XPS e a ordem de grandeza das I das diferentes camadas da solução por defeito (associada ao *template* de construção "Project") e o reboco, a pedra, o tijolo, a espessura total (valor médio das espessuras apresentadas no levantamento) e os valores de U do levantamento; sendo que as I foram ainda ajustadas no sentido de se obter os valores de U majorados. No caso das paredes externas em contato com o solo não se recorreu à solução por defeito, sendo suficiente a informação presente no levantamento. Neste elemento construtivo, o XPS foi introduzido após sugestão do *software* no seguimento da funcionalidade *Set UValue*. À semelhança das paredes externas em contato com o solo, para a caracterização das paredes internas do piso -1 não se recorreu à solução por defeito e, para a obtenção do U pretendido, foi somente necessário ajustar as I. O mesmo ocorreu com as paredes internas do piso -1 em contato com as caixas de elevadores, as do auditório e com o pavimento interno do piso 0 em contato com o estacionamento. No caso da cobertura (plana) também não se recorreu à solução por defeito, porém foi necessário realizar uma análise à composição e constituintes tipo da solução construtiva painel *sandwich* da qual resultou a informação apresentada na Tabela 5. (Pinto, 2013) O mesmo aconteceu para a cobertura verde (plana) (*green roof*) tendo sido necessário estudar a composição e constituintes tipo das camadas drenantes/filtrantes e de impermeabilização. (Alter, 2009; MAPEI, 2012; Savi, 2014; Verdes, 2011) Foi também necessário estudar o modo de construção e aplicação de uma solução construtiva do tipo substrato de plantas (*green roof material*) no *software* utilizado. (Gruppe, 2014) Os frutos do estudo das camadas drenantes/filtrantes e de impermeabilização encontram-se na Tabela 5; o método utilizado na construção e aplicação do substrato de plantas encontra-se descrito no Anexo 2. (Alter, 2009; Gruppe, 2014; MAPEI, 2012; Savi, 2014; Verdes, 2011) No caso da cobertura verde foi ainda ajustada a I do

substrato de plantas, de forma a manter a l total do elemento construtivo abaixo dos 0,5 metros (sugestão do *software*). No âmbito do *software* de SD, os restantes elementos construtivos (fora do âmbito dos elementos mencionados na Tabela 5) adotaram as soluções associadas por defeito ao *template* de construção selecionado – “Portugal, Medium weight”.

Para finalizar, é importante referir que à medida que foram sendo construídos os diferentes elementos da envolvente opaca, estes foram servindo de auxílio e comparação à construção dos restantes elementos.

Da interpretação da informação relativa às soluções construtivas descrita na presente subsecção resultaram as próximas imagens. Estas representam a marcação da envolvente opaca no edifício Central e da Reitoria, respetivamente. De referir que na marcação da envolvente teve-se por base as cores apresentadas no capítulo 2 pela Imagem 15.

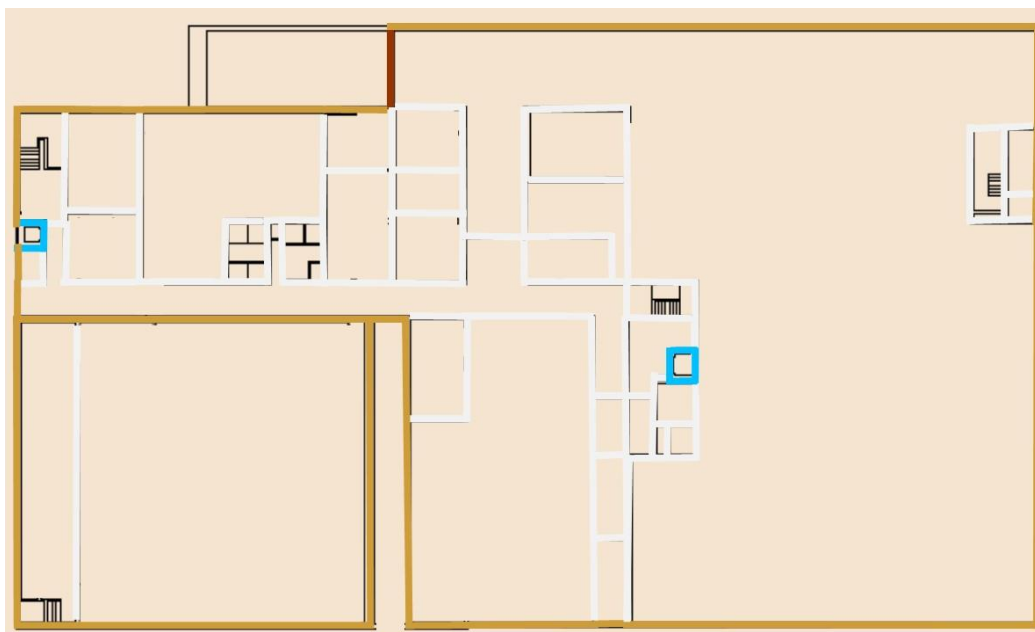


Imagem66 Marcação da Envolvente Piso

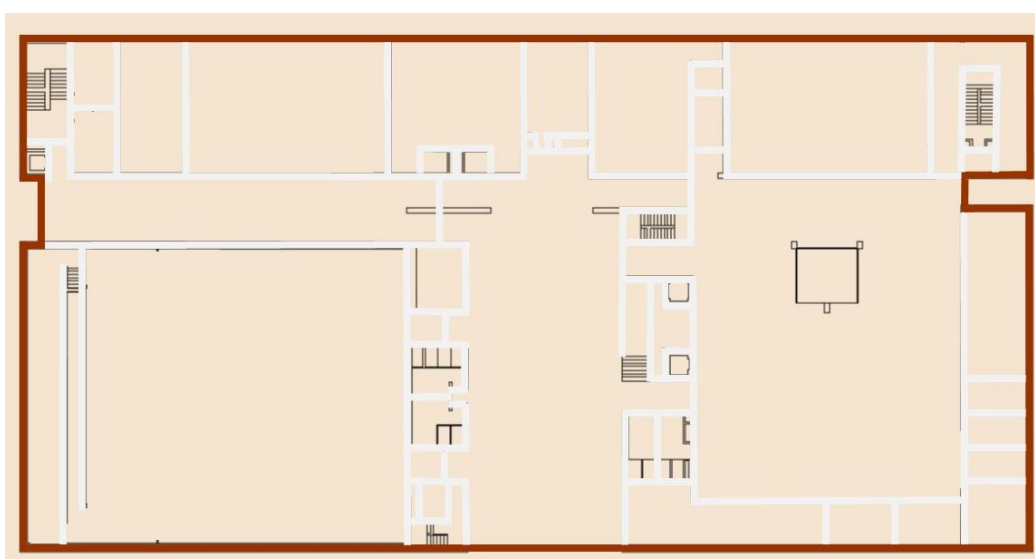


Imagem67 Marcação da Envolvente Piso 0

Nestas imagens encontram-se representados os elementos verticais da envolvente opaca. Na Imagem 66 (piso -1) podem-se identificar as paredes externas em contato com o solo e as paredes internas do piso -1, do auditório e do piso -1 em contato com as caixas de elevadores. Apesar de nesta imagem também se identificar um elemento classificado como envolvente exterior mais concretamente uma parede externa (em pedra ou tijolo), este caracteriza-se como parede externa em contato com o solo dada a continuidade da solução construtiva. Na Imagem 67 (piso 0) podem-se identificar as paredes externas em pedra e tijolo e as paredes internas do auditório. Pela leitura da Imagem 49 facilmente se identifica e distingue quais os elementos verticais da envolvente exterior opaca que se caracterizam como paredes externas em pedra e/ou tijolo. De referir ainda que a marcação da envolvente dos pisos 1, 2 e 3 é muito semelhante à do piso 0 e por isso se optou por apresentar só 2 dos 5 pisos, contudo no Anexo 3 podem ser consultadas as restantes imagens. As próximas imagens representam os elementos horizontais da envolvente opaca como também alguns dos verticais.

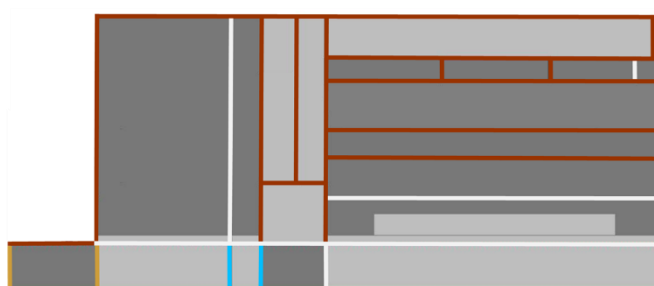


Imagem68 Marcação da Envolvente Alçados Sudeste e Nordeste (em cima e em baixo respetivamente)

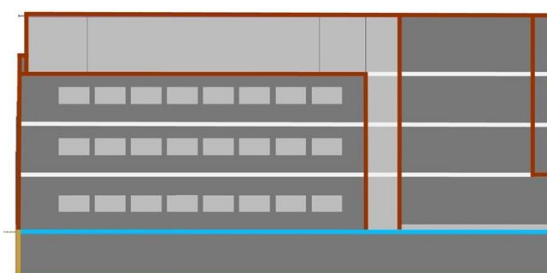
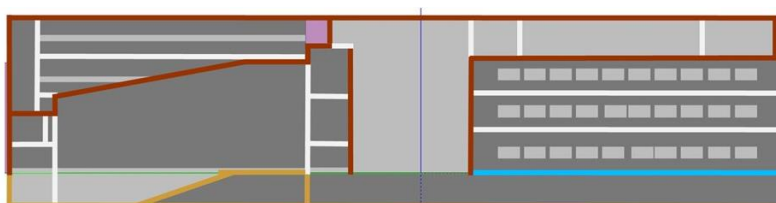


Imagem69 Marcação da Envolvente Alçados Noroeste e Sudoeste (em cima e em baixo res)

A Imagem 68 e a Imagem 69 apresentam a marcação da envolvente por alçado, facilitando a visualização dos elementos horizontais da envolvente opaca. Em ambas as imagens é possível identificar-se a cobertura (plana), a cobertura verde (plana) e o pavimento interno do piso 0 em contato com o estacionamento. A solução construtiva cobertura verde (plana) é a solução presente na cobertura do estacionamento (uma ocorrência identificável nas imagens anteriores) e na cobertura do pátio/*Impluvium* (Imagem 50). A cobertura do estacionamento classificada como envolvente exterior resume-se a duas ocorrências e estas caracterizam-se como cobertura verde (plana). Tal como já fora referido, uma das ocorrências é identificável nas imagens anteriores e a outra consiste na cobertura do estacionamento que serve de pavimento (externo) ao fosso existente no pátio/*Impluvium* (bloco branco no centro do pátio na Imagem 50). Serve a Imagem 70 (imagem em corte do alçado nordeste ou NE) para melhor apreensão do que fora explicado; as setas indicam os elementos caracterizados como cobertura verde (plana).

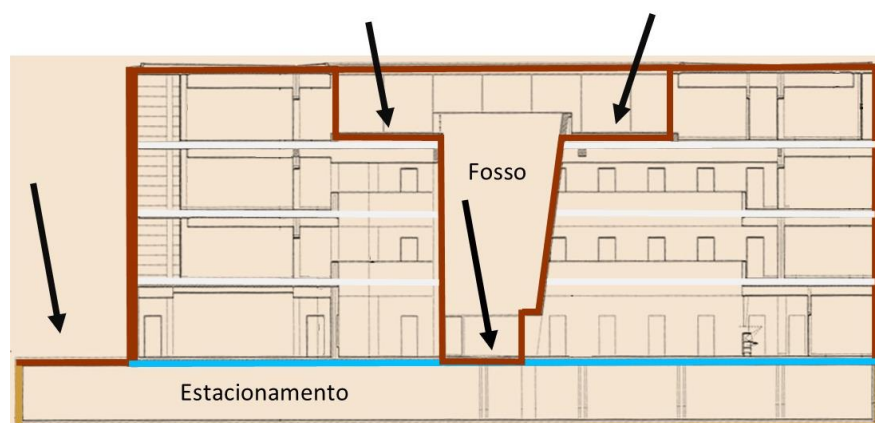


Imagem70 Cobertura Verde

Tanto na Imagem 66 como na Imagem 68 existem elementos da envolvente exterior que não possuem nenhum traçado de marcação da envolvente, isto significa que o espaço a que corresponde esse elemento da envolvente apresenta características que o colocam na posição de espaço com condições interiores equivalentes a semi-externas, ou seja, as condições interiores encontram-se a nível intermédio entre as condições exteriores e as interiores de referência. Por outras palavras, um espaço que não tem de ser obrigatoriamente ZNU, mas que a ser ZU apresenta algumas características de espaço complementar e/ou LNA. Posto isto, os elementos da envolvente exterior destes espaços não apresentam nenhum traçado, pois não possuem classificação como envolvente opaca dada a irrelevância da análise das transferências de calor entre os espaços servidos por estes elementos e o exterior, ou seja, através destes elementos da envolvente. É importante também referir que os elementos a cor-de-rosa ou lilás presentes na Imagem 68 e na Imagem 69 correspondem a dispositivos de sombreamento. Toda a informação sobre estes dispositivos, bem como os de proteção, encontra-se descrita na próxima subsecção. Para finalizar a marcação da envolvente opaca é importante salientar que a marcação realizada baseou-se nos dados compilados relativos às soluções construtivas. Isto permite antever que após realizados os levantamentos dimensionais e operacionais, bem como a caracterização dos equipamentos e sistemas, poderá ocorrer uma nova interpretação da envolvente opaca resultando assim numa atualização da marcação da envolvente. Ou seja, à semelhança do zoneamento térmico pode verificar-se alguma dependência da marcação da envolvente opaca nos levantamentos e na caracterização referidos, principalmente no que corresponde à distinção entre elementos da envolvente interior e da envolvente sem requisitos. Assim, após a análise de todos os parâmetros referidos, na subsecção 3.2.8. são descritos o zoneamento térmico do edifício em estudo e a revisão da marcação da envolvente opaca.

Ainda relativamente às características das soluções construtivas, o valor do α da cobertura e das paredes externas em pedra e tijolo considerado foi 0,4 (Imagem 71). O que significa que a cor da camada superficial exterior destes elementos corresponde à designação clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro); cinza/branco, branco/creme e laranja, respetivamente.

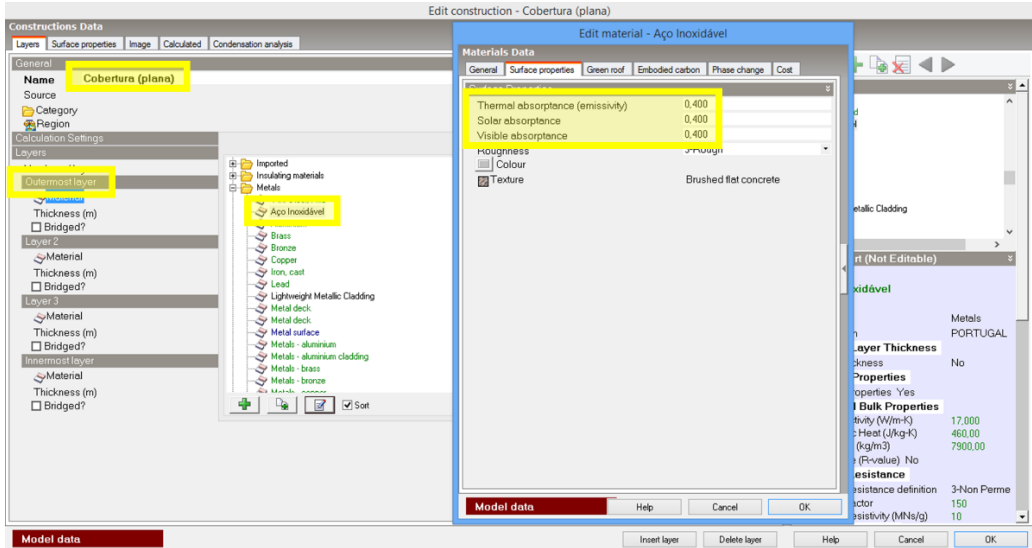


Imagem71 k

É importante referir, no âmbito da geometria do edifício em estudo, que os valores dos P_d dos diferentes pisos (5 pisos, 5 pisos intermédios e o auditório) foram facultados pelos SGTL. Estes valores encontram-se descritos na Imagem 72 e na Imagem 73, nas quais os eixos a verde e a vermelho representam o nível do solo.

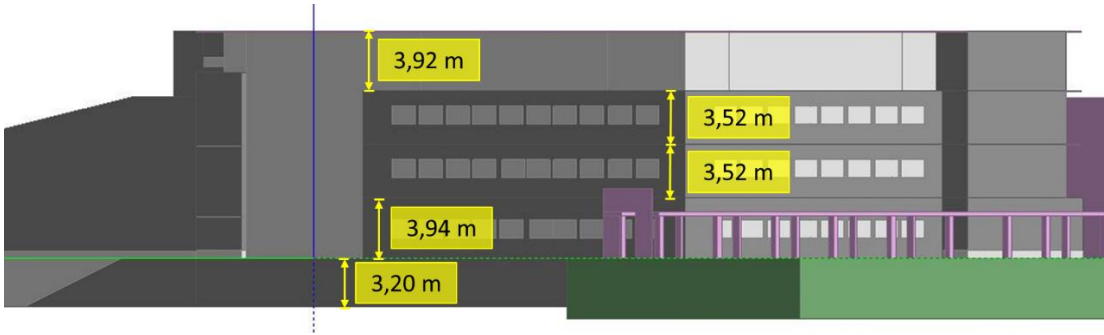


Imagem72 P_d dos 5 Pisos (fachada a poente)

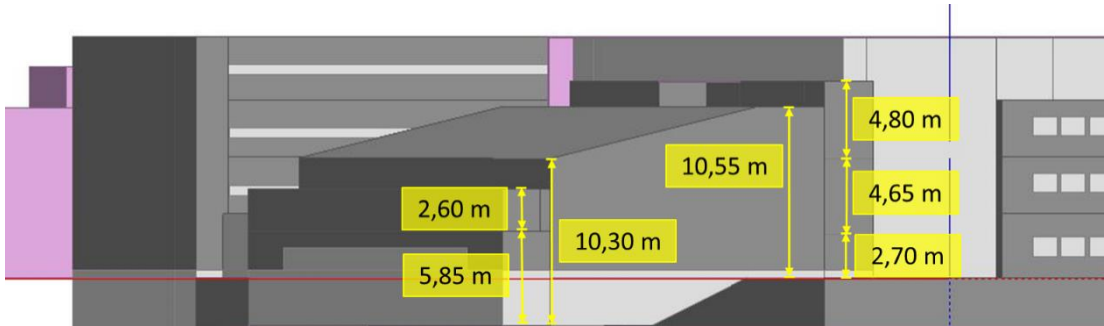


Imagem73 P_d dos 5 Pisos Intermédios e do Auditório (fachada a nascente)

A Tabela 6 faz um apanhado dos parâmetros geométricos do edifício Central e da Reitoria após a sua modelação no DesignBuilder.

Tabela6 Parâmetros Geométricos do Edifício

Parâmetros Geométricos	Valor
Área Total de Pavimento [m ²]	8 151
Área Interior Útil de Pavimento [m ²]	7 914
Área Total de Cobertura [m ²]	2 964
Área de Cobertura Inclinação [m ²]	404
Pé-Direito Médio [m]	3,62

Tendo em conta o conceito de ZU e ZNU, o edifício Central e da Reitoria é constituído por 244 espaços interiores úteis e 4 não úteis. As ZU são compostas maioritariamente por gabinetes e espaços de circulação. As ZNU, tal como a Imagem 74 e a Imagem 75 demonstram, são compostas por 2 espaços de circulação (Circulação e 25.3.52 Circulação), 1 espaço de arrumos (25.3.53 Arrumos) e 1 espaço que serve de sala das máquinas (25.3.54 Área Técnica).

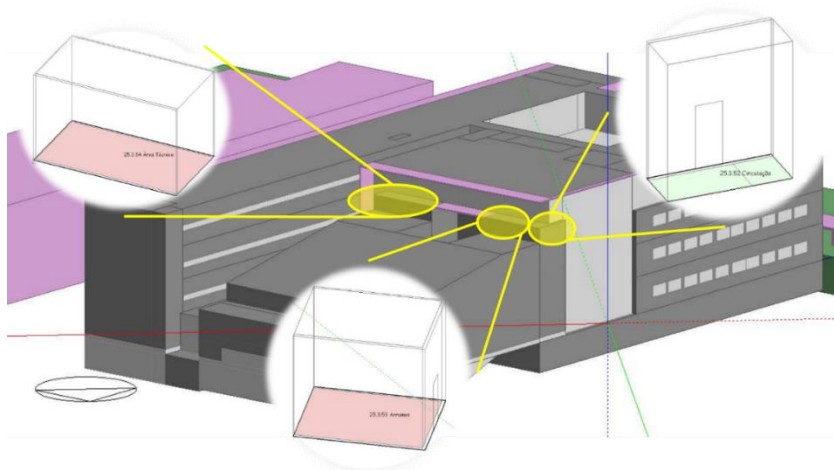


Imagem74-Espaços Interiores Não Úteis

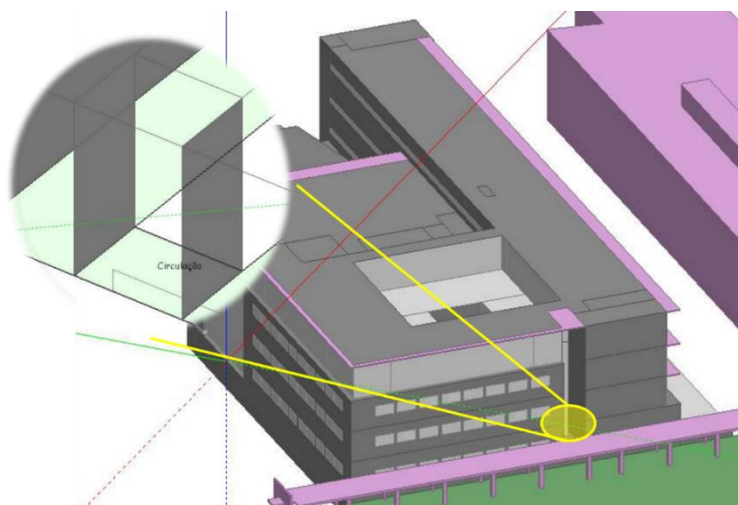


Imagem75-Espaço Interior Não Útil

Das 244 ZU, 16 são consideradas espaços complementares e 47 espaços não condicionados (dos quais 15 são também complementares). Considerando as ZNU, globalmente o Edifício Central e da Reitoria apresenta 51 espaços não condicionados.

3.2.3. Aberturas

As aberturas englobam as janelas, portas e os dispositivos de sombreamento e de proteção. Na caracterização destes parâmetros não foi possível ter por base os dados do levantamento, dado não existir qualquer informação acerca destes elementos construtivos do edifício Central e da Reitoria. Portanto, foi necessário analisar os projetos de construção do edifício, nomeadamente dos vãos envidraçados, e cruzar a informação assim obtida com a que foi recolhida pela observação das soluções reais existentes no edifício em análise. Tendo em conta a natureza dos elementos em análise na presente subsecção, à vista e de acesso facilitado, a observação das soluções reais existentes foi possível e relativamente simples de se realizar.

A observação no local dos vãos envidraçados exteriores (envolvente envidraçada exterior) permitiu concluir que a caixilharia seria de alumínio, sem qualquer isolamento ou corte térmico e que o vidro se caracterizaria como vidro duplo, incolor e liso. As imagens que se seguem resultaram da ida ao local para efeitos de levantamento das características referidas e demonstram alguns dos exemplos reais existentes.



Imagem76 Vãos Envidraçados Exteriores

Estas características, fruto da observação dos vãos, foram confirmadas após a análise dos *dossiers* de projeto do edifício em análise (Anexo 4). Da análise dos projetos de construção do edifício foi também possível verificar que a face interior é constituída por vidro laminado e ainda conhecer a espessura de cada vidro das faces interior e exterior do vão envidraçado: 6 mm cada um. Contudo, ficou por esclarecer qual a espessura da camara existente entre cada face do vidro duplo e qual o seu constituinte. Dada a limitação de

informação e a incapacidade de junto do fornecedor descortinar mais características dos vãos envidraçados, também não foi possível precisar quais os valores de U_w e de g . Para colmatar esta lacuna de informação, arbitrou-se que a câmara é preenchida por ar e que esta possui 6 mm de espessura. Relativamente aos parâmetros térmicos (U_w e g), optou-se por utilizar os valores por defeito associados ao tipo de envidraçados “Dbl Clr 6mm/6mm Air” (Imagem 77). No sentido de validar ou verificar a veracidade destes valores por defeito foi utilizado o *software* de simulação de cálculo das características do vidro Calumen II versão 1.3.1 (Imagem 79).

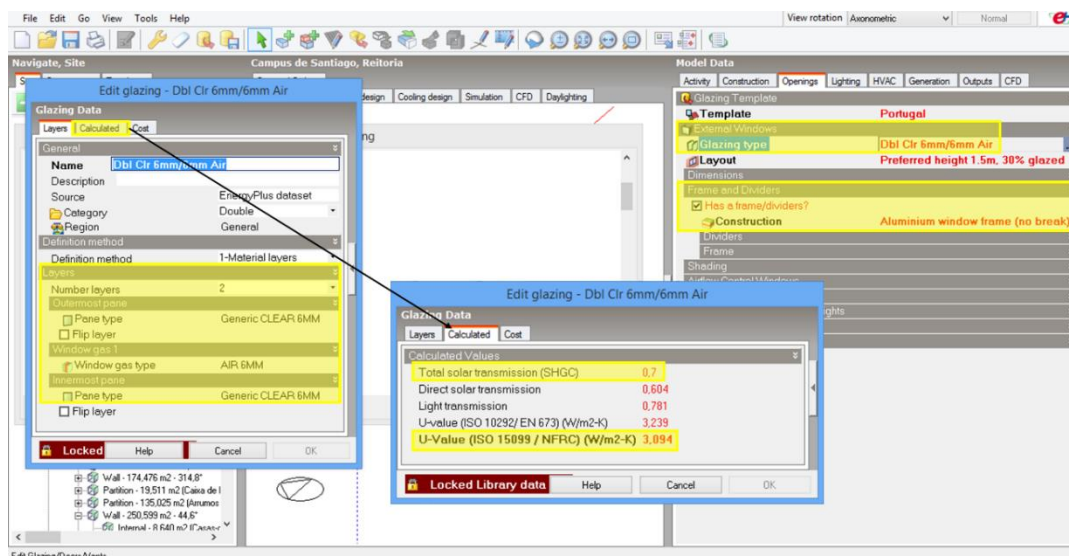


Imagem77-Representação dos Vãos Envidraçados Exteriores no DesignBuilder

Pela Imagem 77 percebe-se que os valores por defeito de U_w e g correspondem a $3,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e $0,7$, respetivamente. Quando comparados com os valores resultantes da simulação do Calumen II (Imagem 78), $3,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e $0,74/0,75$, conclui-se que a ordem de grandeza se mantém e que existe semelhança entre estes valores. É importante referir que não se conseguiu confirmar que o parâmetro SHGC (*Solar Heat Gain Coefficient*) ilustrado na Imagem 77, efetivamente representa g , no entanto optou-se por o utilizar como se de g se trata-se. Mediante a sua definição no manual de ajuda do DesignBuilder, SHGC tanto pode corresponder a g_T (assim utilizado nos estados unidos maioritariamente) como a g . (DesignBuilder, 2014d)

Factores solares (EN410-2011):	
Coeficiente de sombreamento:	$g: 0,74$ $0,85$
Transmissão térmica (EN673-2011) - 0° Em relação à posição vertical	
	$U_g: 3,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Factores solares (ISO9050 m1.5-2003):	
Coeficiente de sombreamento:	$g: 0,75$ $0,86$
Transmissão térmica (ISO 10292-1994) - 0° Em relação à posição vertical	
	$U_g: 3,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Imagem78 Outputs do Software Calumen II

O *software* Calumen II permite calcular o U_w e o g segundo a EN673 (2011) e a EN410 (2011) e as tolerâncias são definidas de acordo com a ISO9050 (2003)¹² ou a EN1096 (2004), tal como demonstra a Imagem 79 resultante de um documento PDF de pré-visualização de resultados extraído do *software* em questão (Anexo 5). A imagem seguinte apresenta o *layout* do *software* Calumen II.

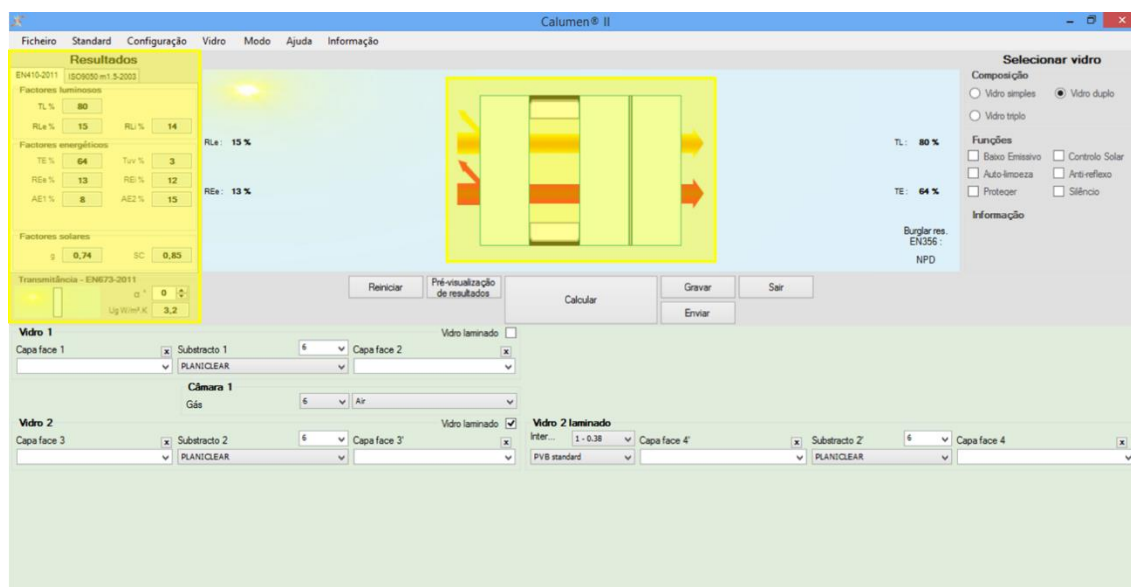


Imagem79 Layout do Software Calumen II

Este *software* de simulação da autoria da Saint-Gobain é bastante simples, sendo os *inputs* mínimos requeridos constituídos pelas características básicas do vidro do vão envidraçado; nomeadamente o tipo de vidro (simples, duplo ou triplo), a espessura do vidro (em mm), o modelo Saint-Gobain Glass do vidro (o qual deve ser escolhido mediante a cor do vidro) e, no caso de vidro duplo ou triplo, o gás que preenche as câmaras entre as faces do envidraçado (ar, argon ou cripton) e a espessura dessas câmaras. Como se pode observar na Imagem 79, no próprio *layout* do *software* pode-se ter uma ideia esquemática do vidro e visualizar os resultados (após pressionado o botão “Calcular”). É importante deixar claro que o *software* Calumen II caracteriza o vidro e não o vão envidraçado globalmente (vidro, caixilho e dispositivos de proteção solar).

Para concluir a caracterização dos vãos envidraçados exteriores, é importante referir que todas as características mencionadas foram consideradas iguais para todos os elementos da envolvente envidraçada exterior.

Relativamente aos vãos envidraçados interiores (envolvente envidraçada interior), não se encontrou nenhuma informação nos *dossiers* de projeto do edifício. Logo a sua caracterização quanto ao tipo de caixilharia, isolamento térmico e ao tipo, cor e textura do vidro baseou-se no que fora observado no local. Na falta de uma melhor alternativa, consideraram-se as características térmicas associadas por defeito ao tipo de envidraçados “Sgl Clr 6mm”. Assim, a envolvente envidraçada interior caracteriza-se por não possuir caixilharia, nem, conseqüentemente, isolamento térmico, e por apresentar vidro simples, liso e incolor. Tendo em conta a espessura de cada face do vidro duplo dos vãos envidraçados exteriores, arbitrou-se uma espessura do vidro simples de 6 mm. A escolha do tipo de envidraçado “Sgl Clr 6mm” teve por base a

¹² ISO - International Organization for Standardization

espessura arbitrada e as características físicas dos vãos. A Imagem 80 faz um apanhado de todas as características (físicas e térmicas) dos vãos envidraçados interiores.

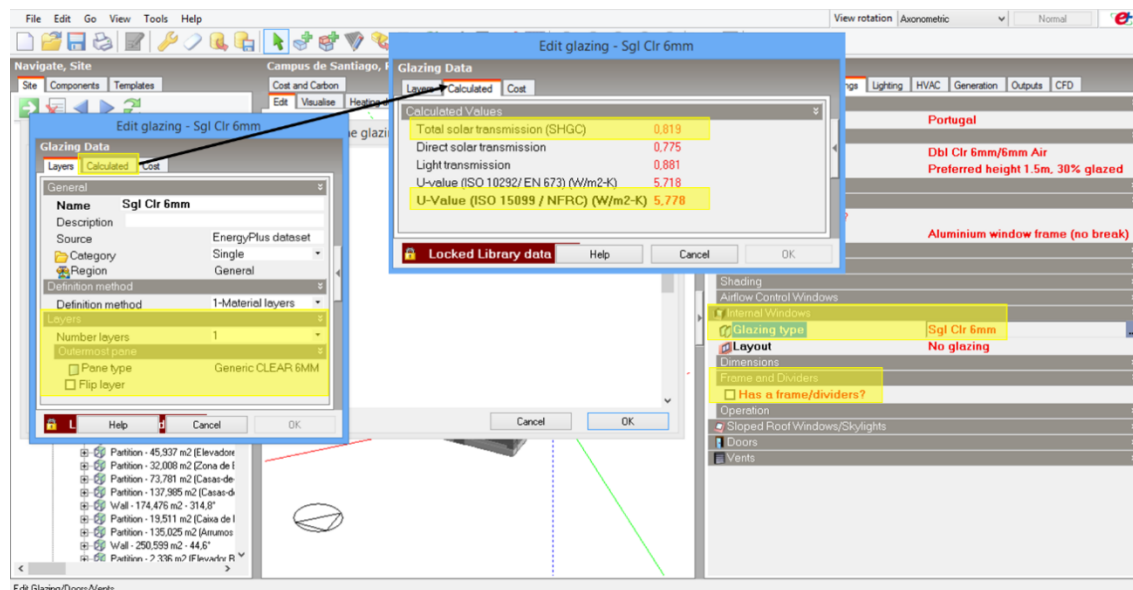


Imagem80 Representação dos Vãos Envidraçados Interiores no DesignBuilder

Pela Imagem 80 percebe-se que os valores por defeito de U_w e g dos vãos envidraçados interiores correspondem a $5,78 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e $0,82$, respetivamente.

A Imagem 81, resultante da ida ao local para efeitos de levantamento das características referidas, demonstra os dois elementos existentes da envolvente envidraçada interior. Estes elementos, idênticos entre si, ligam, pelo interior do edifício, o bloco do auditório ou “Aula Magna” com o Átrio Monumental.



Imagem81 Vãos Envidraçados Interiores

Antes de caracterizar as portas do edifício Central e da Reitoria, é importante compreender qual a função destes elementos da envolvente opaca e/ou envidraçada dos edifícios. As portas servem principalmente de elo de ligação entre os diferentes espaços existentes, como também entre o interior e o exterior de edifícios. Assim, as portas devem permitir a ligação destes espaços, mas quando esta não é necessária devem promover a divisão entre os mesmos. Posto isto para o âmbito da SD, as portas interiores podem não ser consideradas ou ser consideradas como paredes da envolvente interior ou da envolvente sem requisitos. Isto porque as portas, apesar de pertencerem à categoria das aberturas dos edifícios, existem para na maior parte do tempo se encontrarem fechadas. Já as portas exteriores devem sempre ser consideradas, como portas, na e para a SD, dado promoverem a ligação direta entre o exterior e o interior de edifícios. Ou seja, promovem diretamente trocas térmicas entre o ambiente interior e o ambiente exterior, sendo um ponto de elevada importância para a SD. Na construção do modelo de SD do edifício Central e da Reitoria só se consideram as portas interiores dos locais onde ocorre extração (casas-de-banho, espaços de circulação, estacionamento, etc.), de forma a complementar este processo de ventilação. Assim sendo, as características destas portas não possuem especial relevância para a presente análise. Contudo, pela observação no local conclui-se que as portas interiores são constituídas totalmente por madeira (Imagem 82) e assim no modelo foram introduzidas portas interiores em madeira (Imagem 83).



Imagem82 Portas Interiores

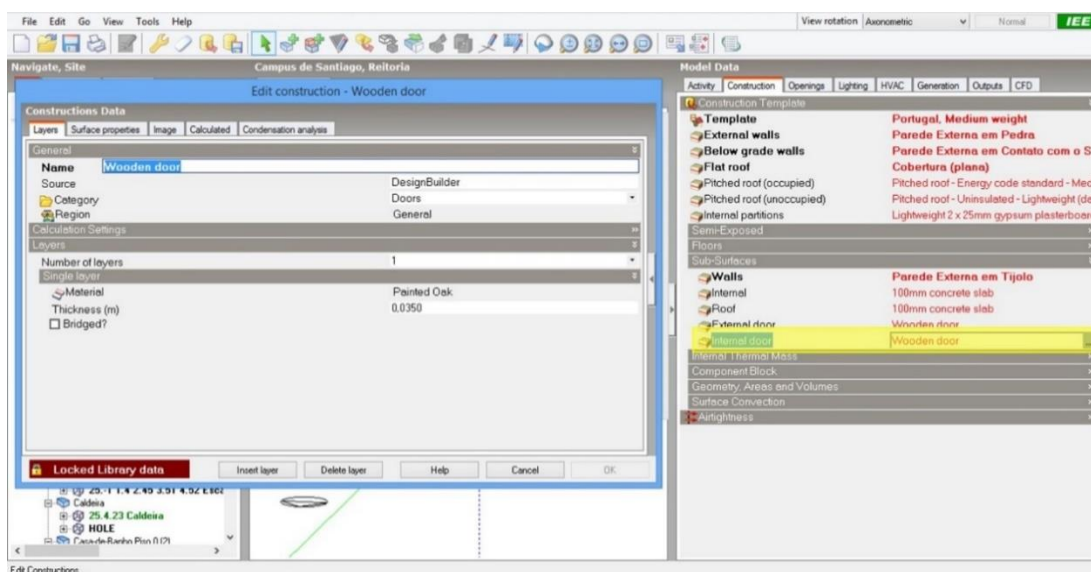


Imagem83- Representação das Portas Interiores no DesignBuilder

Por observação no local, verificou-se que todas as portas exteriores são totalmente envidraçadas e que as fachadas do edifício onde se encontram são também estas 100% envidraçadas. As imagens que se seguem apresentam as três portas exteriores existentes.



Imagem84 Porta Exterior da Fachada a Nordeste



Imagem85 Porta Exterior da Fachada a Sudoeste



Imagem86 Porta Exterior da Fachada a Noroeste

Assim, no âmbito da SD as portas exteriores foram desenvolvidas como se de vãos envidraçados se tratassem, tendo estas fundindo-se com os envidraçados presentes nas respetivas fachadas.

No âmbito do U_w e do g surgem os dispositivos de proteção solar. No sentido da caracterização do edifício Central e da Reitoria e da construção do modelo de SD é importante saber se estes dispositivos estão ou não presentes no edifício em análise, a estarem presentes conhecer a localização destes e caracterizar o tipo de proteção (portadas, persianas, estores, lonas, cortinas, etc.) e o tipo de disposição (interior e/ou exterior). Pela observação no local, percebeu-se quais os vãos envidraçados com e quais os sem dispositivos de proteção solar, como também o tipo de proteção e disposição. Nas imagens seguintes é possível verificar-se o que foi observado no local.



Imagem87 Dispositivos de Proteção Solar da Esquina com Gabinetes



Imagem88 Dispositivos de Proteção Solar do Longo Bloco com Gabinetes

Pela Imagem 87 e pela Imagem 88 percebe-se que só a esquina e a fachada a SE do longo bloco com gabinetes possuem dispositivos de proteção solar; resolução validada também pela análise da Imagem 76, da Imagem 81, da Imagem 84, da Imagem 85 e da Imagem 86. Destas imagens conclui-se também que nos pisos 0, 1 e 2 da esquina com gabinetes os dispositivos de proteção são do tipo veneziana (*venetian blinds*) dispostos pelo exterior, no piso 3 da esquina com gabinetes e nos pisos 1, 2 e 3 do longo bloco com gabinetes também são do tipo veneziana, mas disposto pelo interior e, por fim, no piso 0 do longo bloco com gabinetes

são uma combinação de estore veneziano com portadas dispostos pelo exterior, tendo-se optado por um tipo de estore com lâminas (*slatted blinds*). As imagens seguintes apresentam a caracterização destes dispositivos no software de SD.

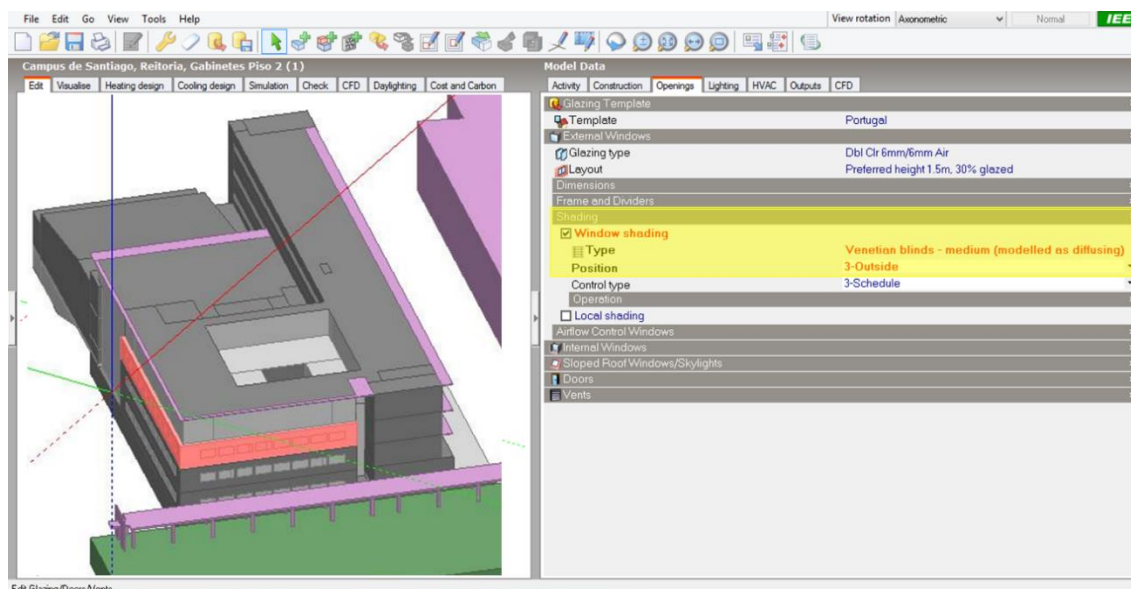


Imagem89-Representação dos Dispositivos de Proteção Solar da Esquina com Gabinetes no DesignBuilder

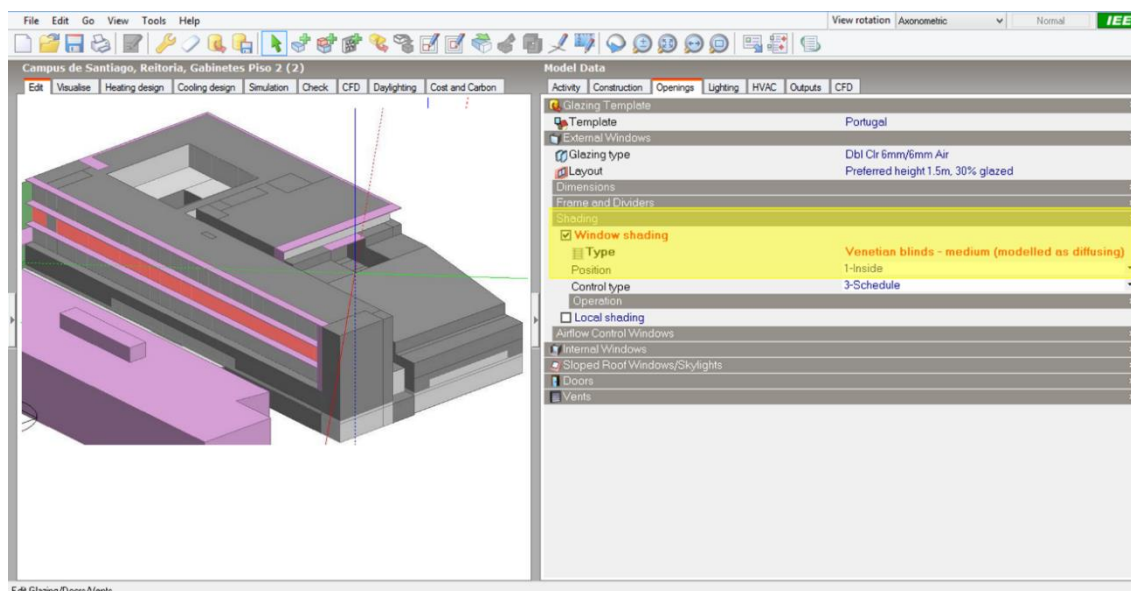


Imagem90-Representação dos Dispositivos de Proteção Solar dos Pisos do Bloco com Gabinetes no DesignBuilder

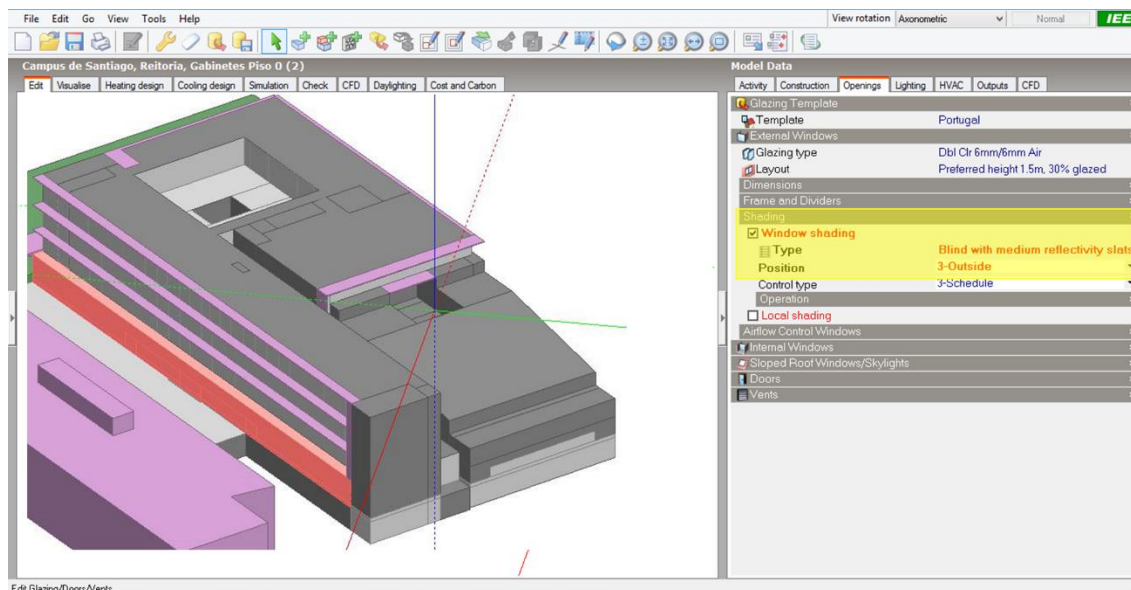


Imagem91-Representação dos Dispositivos de Proteção Solar do Piso 0 do Longo Bloco com Gabinetes no DesignBuilder

Para concluir é importante referir que no longo bloco com gabinetes os vãos envidraçados da escadaria e da sala da caldeira não possuem dispositivos de proteção solar, tal como se pode verificar pela Imagem 92.

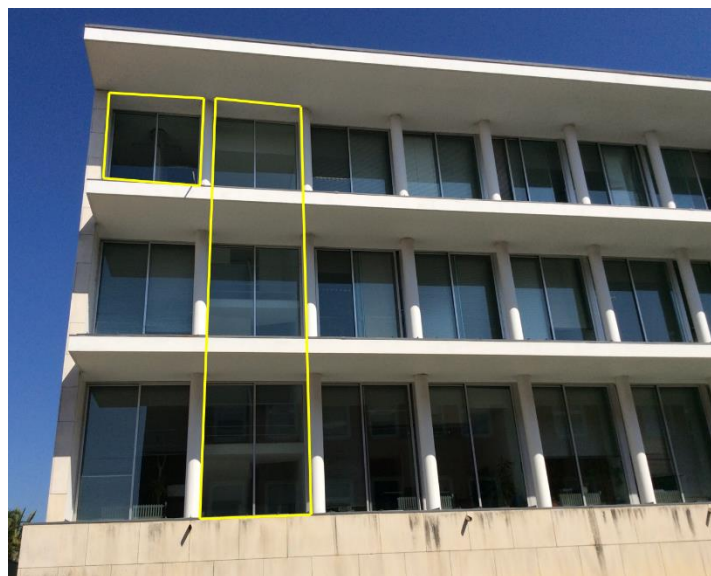


Imagem92 Vãos Envidraçados da Sala Caldeira e da Escadaria (à esquerda e à direita, respetivamente)

A caracterização dos dispositivos de sombreamento (outros edifícios, orografia, vegetação, palas, varandas, etc.) de edifícios, quando existentes, é importante no âmbito do F_s . Assim, é importante reconhecer os elementos do meio que rodeia o edifício em análise, e/ou do próprio edifício, causadores de obstrução solar. As características físicas destes elementos, como por exemplo o material que os constitui, não possuem

especial relevância, uma vez que para o cálculo do F_s o fundamental é achar o α (ângulo do horizonte) e os ângulos de obstrução que dependem das dimensões e da distância dos dispositivos de sombreamento aos vãos envidraçados. Assim, para a caracterização destes elementos é importante localiza-los, relativamente ao edifício e aos vãos envidraçados, e conhecer as suas dimensões. Como obstruções exteriores ao edifício considerou-se o edifício do DEGEI e a estrutura de circulação da alameda, que podem ser observados na Imagem 56 a SE e a sudoeste (SO) do edifício Central e da Reitoria, respetivamente; como obstruções criadas por elementos do edifício consideraram-se as prolongações de algumas soluções construtivas, que podem ser visualizadas na Imagem 49, na Imagem 56 e na Imagem 88 à esquerda, por cima e por baixo dos vãos envidraçados do Átrio Monumental, por cima dos vãos do piso 3 da esquina com gabinetes e à direita e por cima dos pisos 1, 2 e 3 do longo bloco com gabinetes. No âmbito da SD foi necessário levar em conta estes elementos e portanto foram representados tal como demonstra a Imagem 74 e a Imagem 75. O *software* permite representar estes dispositivos como *component blocks* e lhes confere a cor rosa ou lilás perceptível nessas imagens. As dimensões dos dispositivos de sombreamento serão de seguida referidas em conjunto com as dos vãos envidraçados e as das portas. A imagem que se segue apresenta o impacto dos dispositivos de sombreamento no edifício para o dia 15 de julho às 15:00 horas.

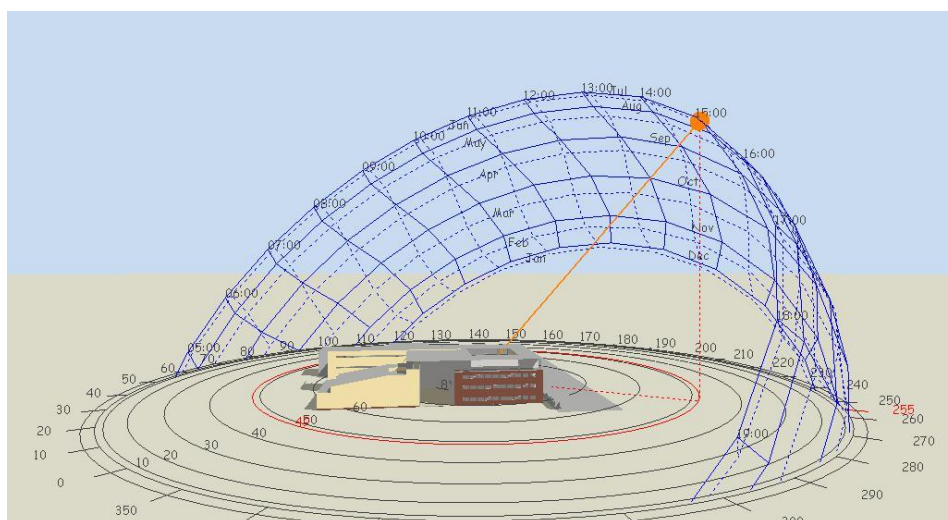


Imagem93 Impacto dos Dispositivos de Sombreamento

Antes iniciar a caracterização dimensional dos elementos estudados na presente subsecção, é importante referir que não foi possível recolher qualquer informação relativa à classificação da permeabilidade ao ar da caixilharia das portas e janelas do edifício em análise. Segundo o despacho número 15793-K, na ausência de classes determinadas de acordo com os métodos previstos nas normas EN 1026, EN 12207 e EN 14351-1+A1, considera-se a caixilharia sem classe de permeabilidade ao ar. Pelos princípios presentes no ponto 12.5. do mesmo despacho e perante os dispositivos de proteção existentes no edifício Central e da Reitoria, foi possível concluir que a permeabilidade ao ar das caixas de estore não será considerada. Chegou-se a esta conclusão pela análise da alínea a) do ponto 6, corresponde ao ponto 12.5. do despacho número 15793-K, como também pela não aplicabilidade do conceito “caixa de estore” aos dispositivos de proteção existentes. Assim, a permeabilidade da caixilharia das portas e janelas é classificada como sem classe e não é considerada a das caixas de estore.

As dimensões dos vãos envidraçados exteriores existentes no edifício Central e da Reitoria foram facultadas pelos SGT, tendo em conta um modelo de SD do edifício em questão concebido por estes serviços. A maioria dos elementos da envolvente envidraçada exterior do edifício em análise ocupa a totalidade da

fachada onde se encontra colocada, tendo somente sido necessário conhecer as dimensões do envidraçado da fachada a NE do bloco do auditório ou “Aula Magna”, dos envidraçados dos pisos 0, 1 e 2 da esquina com gabinetes, do envidraçado da fachada a SE do piso 0 do longo bloco com gabinetes, dos envidraçados da fachada noroeste (NO) do longo bloco com gabinetes e, por fim, dos envidraçados do fosso existente no pátio/*Impluvium*. As dimensões destes vãos envidraçados são descritas pelas próximas imagens.

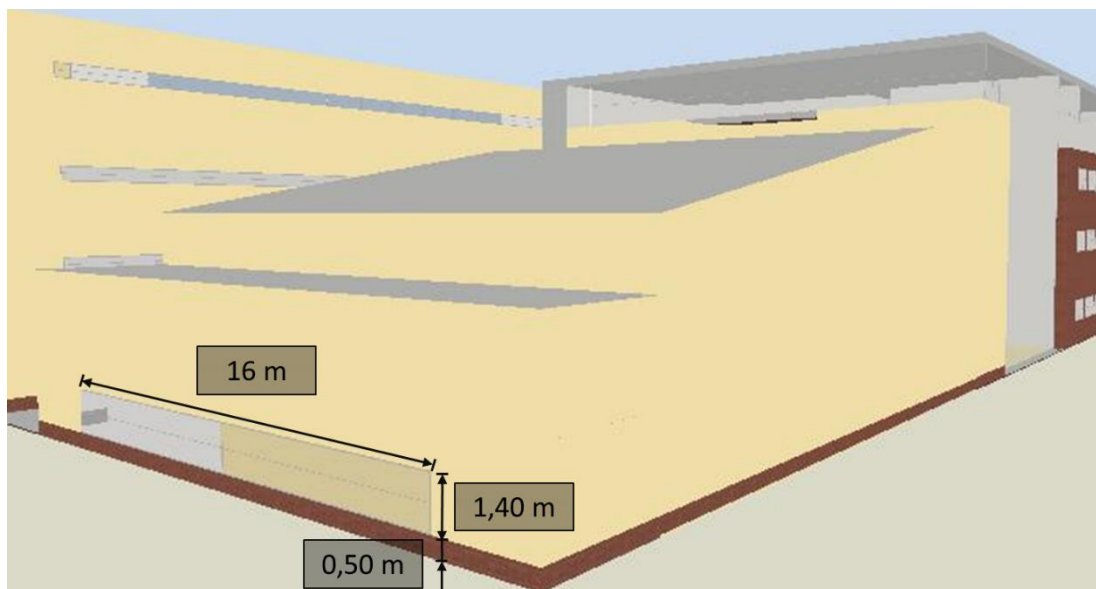


Imagem94 Dimensões do Vão Envidraçado da Fachada - “Aula Magna”



Imagem95 Dimensões dos Vãos Envidraçados da Esquina com Gabinetes

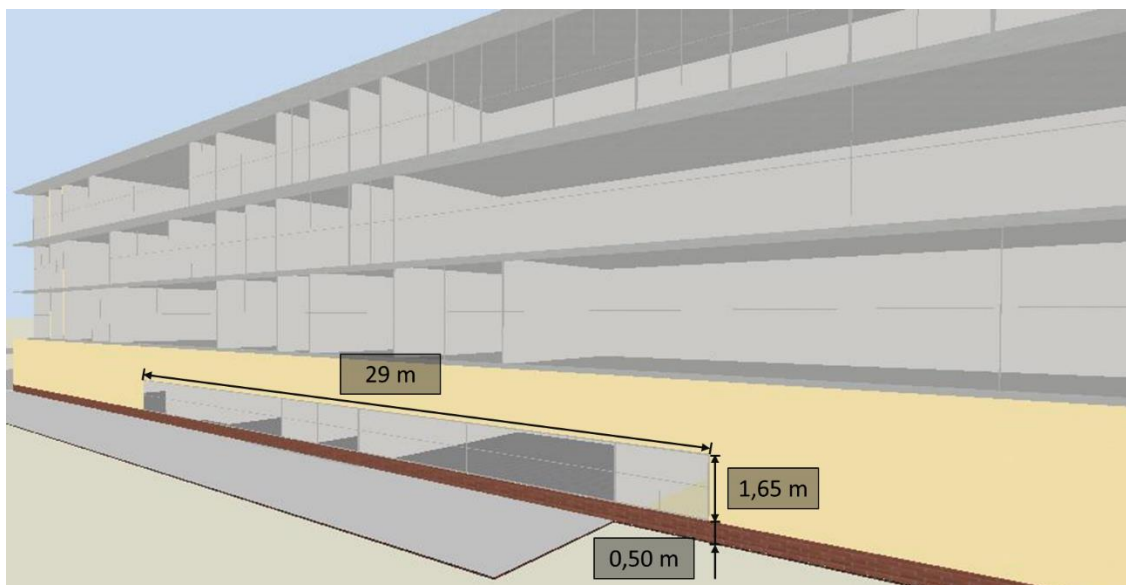


Imagem96 Dimensões do Vão Envidraçado da Fachada SE do Piso 0 do Longo Bloco com Gabinetes

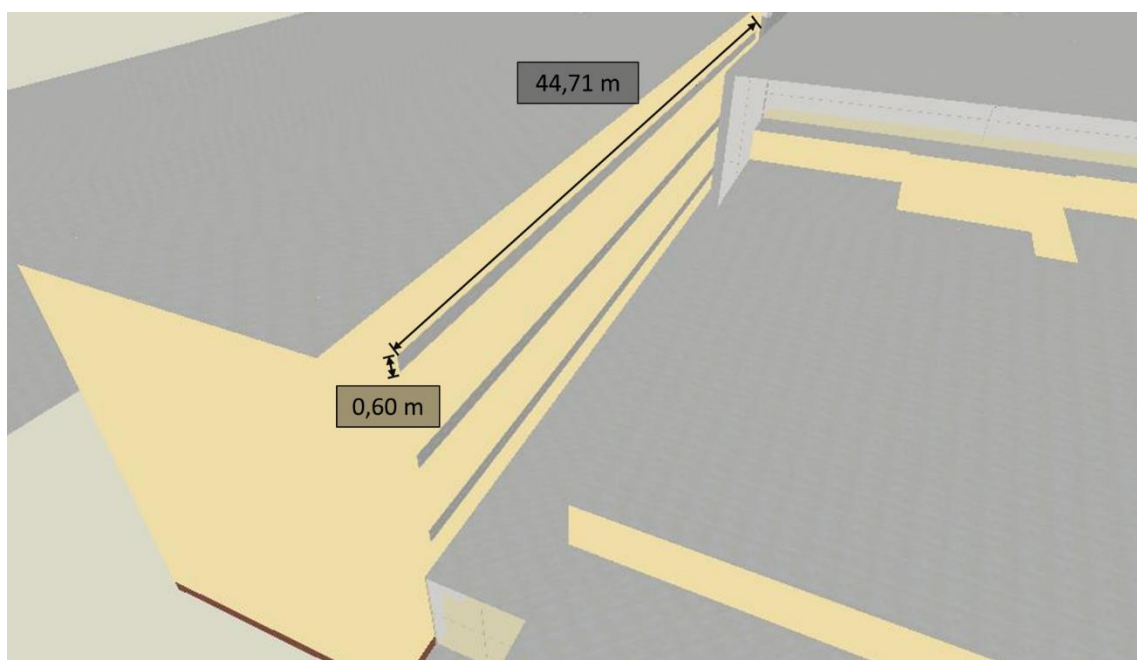


Imagem97 Dimensões dos Vãos Envidraçados da Fachada NO do Longo Bloco com Gabinetes

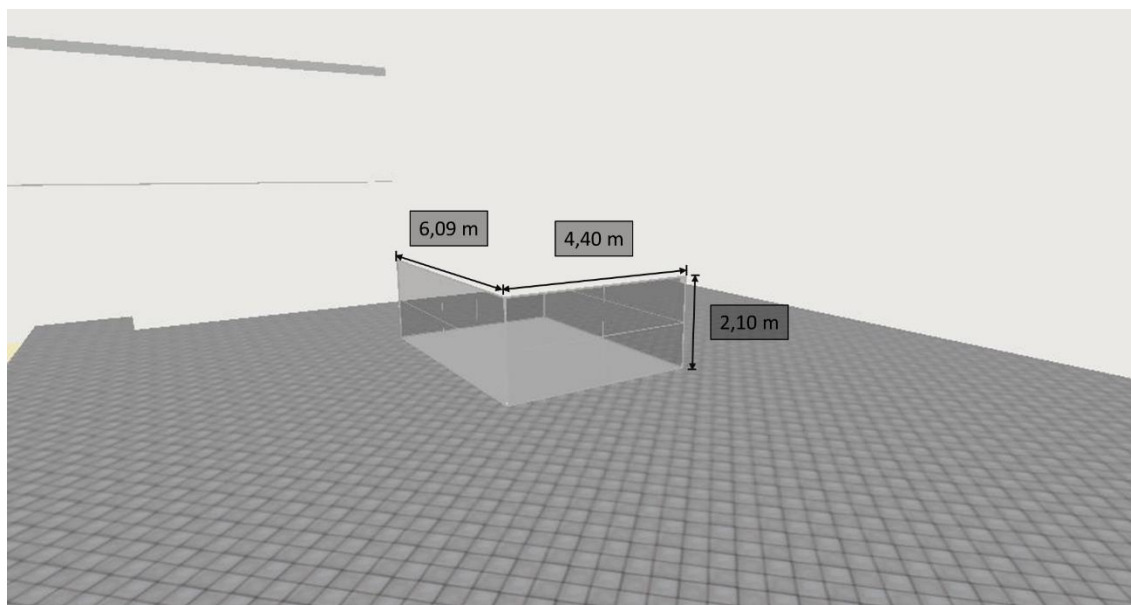


Imagem98 Dimensões dos Vãos Envidraçados do Fosso do Pátio/Impluvium

Estas dimensões conferem à fachada NE do bloco do auditório ou “Aula Magna” a percentagem envidraçada de 34,20%, às fachadas dos pisos 0, 1 e 2 da esquina com gabinetes 23,57%, à fachada SE do piso 0 do longo bloco com gabinetes 17,32%, à fachada NO do longo bloco com gabinetes 15,94% e às fachadas do fosso 19,14%. Tal como é perceptível nas imagens anteriores, as fachadas dos pisos 0, 1 e 2 da esquina com gabinetes, a NO do longo bloco com gabinetes e do fosso caracterizam-se por serem constituídas por mais do que um vão envidraçado. Portanto, para a obtenção das percentagens envidraçadas destas fachadas foi necessário somar a área de cada vão e depois perceber qual o peso dessa área na área total das fachadas onde estes vãos se encontram colocados. Por exemplo, no caso dos pisos 0, 1 e 2 da esquina com gabinetes existem 10 vãos envidraçados por piso na fachada a NO e 8 por piso na fachada a SO, ou seja, 30 e 24 vãos respetivamente. Todos os 54 vãos envidraçados possuem as mesmas dimensões, logo representam uma área total de 139,32 m². O piso 0 da fachada a NO apresenta uma área de 117,74 m² e os pisos 1 e 2, da mesma fachada, 105,19 m² cada um; o piso 0 da fachada a SO 94,36 m² e os pisos 1 e 2, da mesma fachada, 84,30 m² cada um. Assim, a fachada a NO apresenta uma área total de 328,12 m² e a fachada a SO 262,96 m². Somando as áreas das duas fachadas (591,08 m²) é então possível saber que os 139,32 m² de envolvente envidraçada representa 23,57% da área total destas fachadas. O mesmo raciocínio foi utilizado para a fachada a NO do longo bloco com gabinetes e para as fachadas do fosso. De referir que, relativamente à envolvente envidraçada, a fachada do fosso orientada a SO é idêntica à a NE e a SE é totalmente envidraçada. Facilmente se percebe que as fachadas que são totalmente ocupadas por vãos envidraçados possuem uma percentagem envidraçada de 100%.

As dimensões dos vãos envidraçados interiores, das portas interiores e dos dispositivos de sombreamento foram estabelecidas arbitrariamente. Nos casos dos vãos envidraçados interiores e dos dispositivos arbitrou-se devido à inexistente de informação, no caso das portas interiores deveu-se essencialmente ao facto de não apresentarem especial relevância para a SD. Tendo em conta as características das portas exteriores e das fachadas onde estas se encontram, as dimensões das portas correspondem às das fachadas onde estas se encontram. A Imagem 99 apresenta as dimensões uniformes dos vãos envidraçados interiores, como também das portas interiores.



Imagem99- Dimensões dos Vãos Envidraçados e Portas Interiores

Relativamente às dimensões dos dispositivos de sombreamento, nomeadamente das obstruções exteriores ao edifício (edifício do DEGEI e a estrutura de circulação da alameda) não foi necessário saber-se as suas dimensões. Isto é, por recurso à função *Import building from external file* disponibilizada pela opção *Import* (Imagem 100) foi possível importar estes elementos de obstrução do modelo concebido pelos SGTL.

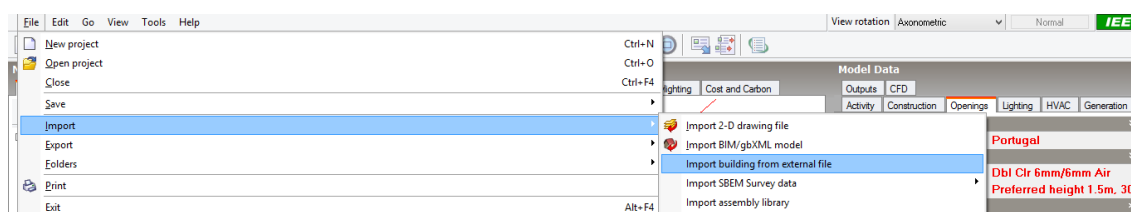


Imagem100 7

@

Após importados estes elementos, só foi necessário enquadrá-los corretamente com o edifício Central e da Reitoria (Imagem 101), ou seja, o edifício do DEGEI a 15,22 m da fachada SE do edifício em análise, ambos à mesma distância da alameda a 1,7 m a SO e esta adiantada 12,63 m do edifício em análise. Estas distâncias foram obtidas através do modelo de SD do edifício em questão concebido pelos SGTL.

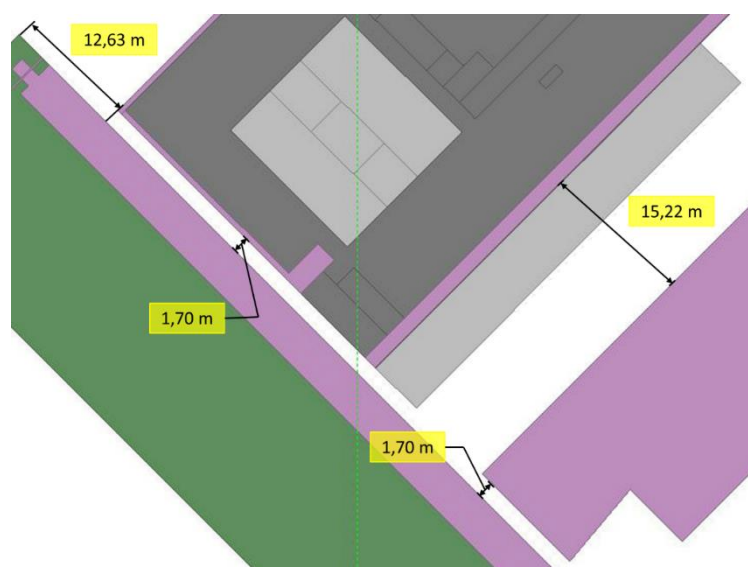


Imagem101 Enquadramento das Obstruções Exteriores ao Edifício Relativamente ao Edifício

Quanto às dimensões das obstruções criadas por elementos do edifício (prolongações de algumas soluções construtivas), consideraram-se aquelas que permitiram dar continuidade às soluções construtivas e criar uma uniformidade no corpo do edifício, à exceção da espessura que se considerou 0,1 m para todos os elementos de obstrução agora em discussão. Observe-se o exemplo da fachada NE do edifício Central e da Reitoria presente na Imagem 102. A cobertura do Átrio Monumental encontra-se desfasada 2,1 m da cobertura dos pisos intermédios do bloco do auditório ou “Aula Magna”, logo a pala horizontal superior ao vão envidraçado do átrio e a pala vertical à esquerda do mesmo vão apresentam uma largura de 2,1 m cada uma. O comprimento da pala horizontal superior ao vão é igual ao comprimento da cobertura do átrio mais a largura da pala horizontal superior ao vão envidraçado da fachada NO do átrio (24 m). O comprimento da pala vertical à esquerda do vão é igual ao P_d do átrio menos o P_d do piso 0 e a espessura da pala horizontal superior ao vão envidraçado da fachada NE (10,86 m). O mesmo raciocínio foi utilizado para as restantes obstruções criadas por elementos do edifício.

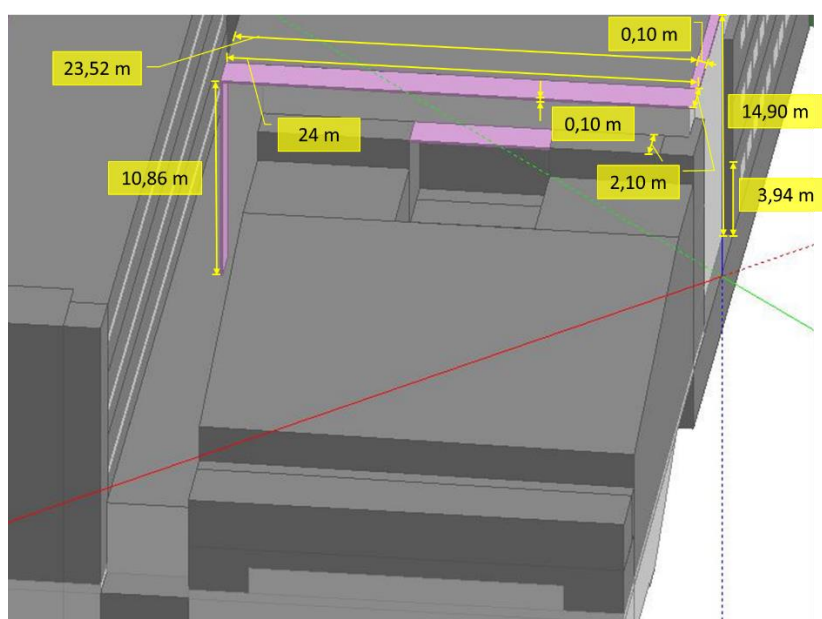


Imagem102 Dimensões das Obstruções Criadas por Elementos do Edifício

3.2.4. Sistemas de Climatização e Ventilação

A caracterização dos sistemas de climatização e ventilação do edifício Central e da Reitoria resultou do cruzamento dos dados disponíveis no levantamento realizado pela entidade independente e exterior com a informação recolhida junto dos SGT. Assim, antes de se aplicar a informação recolhida pelo levantamento referido, foi necessário estudar os sistemas de climatização e ventilação, de forma a entender-se o seu funcionamento. Neste sentido, foram consultados os projetos de AVAC e as chapas de informação técnica de algumas máquinas. Dado o difícil acesso a alguns dos equipamentos e o mau estado das chapas, fruto da exposição ao ambiente exterior da maioria das máquinas, poucos foram os dados possíveis recolher junto dos equipamentos. O cruzamento de informação foi realizado com espírito crítico, tendo por vezes ocorrido a reformulação de alguma informação presente no levantamento durante o tratamento de dados. É importante referir que como consequência da carência de informação relativa aos sistemas de climatização

e ventilação do edifício em análise, cedo percebeu-se que a modelação destes sistemas teria de passar pelo método “simple HVAC” disponibilizado pelo DesignBuilder e, portanto, todas as adaptações, considerações e estimativas realizadas foram levadas a cabo na ótica deste método.

Numa primeira análise do levantamento, rapidamente se percebeu que os processos e sistemas de aquecimento, arrefecimento e de ventilação constam no edifício em análise associados a processos e sistemas de distribuição e utilização “terminal”. A existência ou não de processos e sistemas de humidificação e desumidificação não é explícita no levantamento, nem foi possível confirmar junto dos SGTL, tendo-se assim considerado a ausência destes processos e sistemas. Junto dos SGTL foi possível perceber-se que a geração de energia térmica recorre maioritariamente a soluções centralizadas, uma vez que a maioria dos equipamentos de produção térmica se encontram em locais que não os espaços a climatizar, e que não existe produção de calor e frio simultaneamente. Dos 5 pisos do edifício Central e da Reitoria, o piso -1 é aquele que apresenta menores necessidades de climatização e ventilação, essencialmente fruto da sua ocupação; a ocupação do edifício em análise é caracterizada mais à frente na subsecção 3.2.7.. De uma forma geral, os espaços que não apresentam sistema de climatização consistem em zonas técnicas do edifício em análise (arrumos, arquivos, sala da caldeira, posto de transformação, entre outras), zonas de circulação (escadas, por exemplo) e casas-de-banho. À exceção das casas-de-banho e de algumas zonas técnicas, os mesmos espaços se podem aplicar relativamente à ausência de ventilação.

No edifício Central e da Reitoria os sistemas de ventilação são, de uma forma geral, indissociáveis dos sistemas de climatização, no entanto em algumas zonas existe um sistema de climatização adicional desacoplado dos sistemas de ventilação. Assim, graças a um conjunto de STA (sistemas tudo-ar) é garantida a ventilação e a climatização da maioria das zonas do edifício, sendo que uma parte destas zonas é complementarmente climatizada graças a um sistema hidrónico. De forma pontual e quase excecional existem também sistemas de climatização de DX (expansão direta) e um sistema de ventilação independente da climatização. Estes sistemas de DX, fruto da localização dos seus equipamentos de produção térmica coincidir com a dos espaços a condicionar, representam sistemas de climatização que recorrem a soluções descentralizadas. No total existem 5 STA, dos quais 4 são servidos pelos mesmos equipamentos de geração de energia térmica e destes 1 coexiste maioritariamente com o único sistema hidrónico existente. Todos os STA existentes caracterizam-se por serem sistemas que operam a uma conduta com VAV (volume de ar variável) e por integrarem recuperação de calor. Apesar de 2 dos STA só servirem uma única zona cada um (STA mono-zona) também operam com VAV, contrariamente ao que tipicamente acontece. A possível existência de reaquecimento terminal e de difusores reguláveis associados ao VAV não foi possível confirmar, no entanto, por não representar relevância significativa para a construção do modelo de SD do edifício em análise, esta ausência de informação não se mostrou um entrave ao projeto. O único STA que não é servido pelos mesmos equipamentos de geração de energia térmica que são servidos os restantes sistemas, além do que foi referido, inclui também recirculação de ar. A Imagem 103 faz um resumo do que foi referido.

Caraterísticas	STA				
	STA 1	STA 2	STA 3	STA 4	STA 5
Uma Conduta	✓	✓	✓	✓	✓
Duas Condutas	✗	✗	✗	✗	✗
CAV	✗	✗	✗	✗	✗
VAV	✓	✓	✓	✓	✓
Recuperação de Calor	✓	✓	✓	✓	✓
Mono-zona	✗	✓	✓	✗	✗
Multi-zona	✓	✗	✗	✓	✓
Recirculação de Ar	✗	✗	✗	✗	✓

Imagem103 Caraterísticas dos STA do Edifício Central e da Reitoria

O STA 2 serve a zona da sala do senado existente no piso 0 do edifício em análise (25.1.22 Sala do Senado), o STA 3 a zona da sala e cabines de tradução existente no mesmo piso (25.1.27 30.1 27.1 Sala e Cabines de Tradução), o STA 4 as zonas da sala de atos solenes e da sala de apoio existentes também no piso 0 (25.1.31 Sala de Actos Solenes e 25.1.33 Sala de Apoio), o STA 5 serve as zonas do auditório e da *reggie*¹³ (25.A.3 Auditório, Circulação Bastidores Piso 0, Circulação Bastidores Piso 1, 25.2.A.6.2 Arrumos, 25.2.A.6.3.1 Cabine de Tradução, 25.2.A.6.3.5 4 3 2 Cabines de Tradução e Reggie e 25.2.A.6.3.6 Gabinete) e, por último, o STA 1 serve todas as restantes zonas não abrangidas pelos STA anteriores, excluindo-se os espaços referidos anteriormente como estando ausentes de climatização e ventilação.

A recuperação de calor associada a cada um dos STA apresenta um η_{RC} (rendimento do sistema de recuperação de calor) de 70%. Esta informação é fruto dos dados recolhidos junto dos SGT, no entanto não foi possível identificar a potência elétrica nominal nem o (caudal médio de ar insuflado) de cada sistema de recuperação. Contudo, para a construção do modelo de SD do edifício em análise só o η_{RC} apresenta relevância significativa. Tal como a Imagem 104 demonstra, foi possível representar os sistemas de recuperação de calor tendo em conta o η_{RC} dos mesmos e considerando o que por defeito é estabelecido como *heat recovery type* *heating setpoint temperature* *template* de AVAC selecionado. Os *templates* de AVAC selecionados serão descritos mais à frente na presente subsecção.

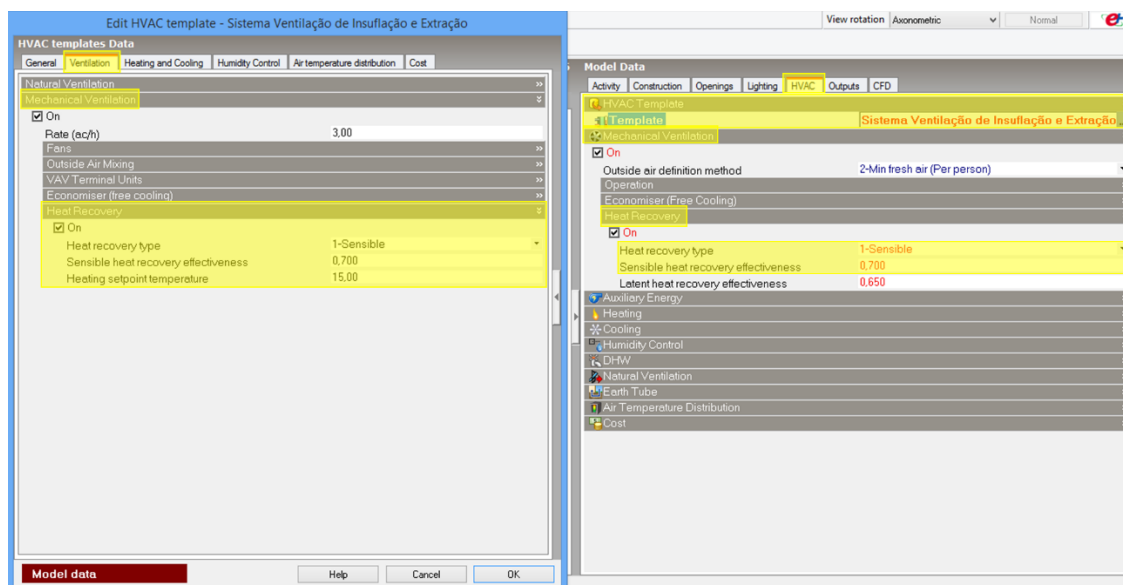


Imagem 104 Recuperação de Calor

Quanto à recirculação de ar, associada ao STA 5, não foi possível recolher os valores de P_k (potência absorvida pelo equipamento) nem do caudal mínimo de ar exterior a misturar com o caudal de ar a readmitir. Contudo, como a Imagem 105 demonstra foi possível mesmo assim representar a recirculação de ar, estabelecendo “1-Recirculation” no campo “Outside air mixing”. Uma vez que só o STA 5 possui recirculação de ar, então todos os restantes STA possuem UTAN e só este UTA.

¹³ Espaço técnico que serve de apoio, neste caso, ao auditório.

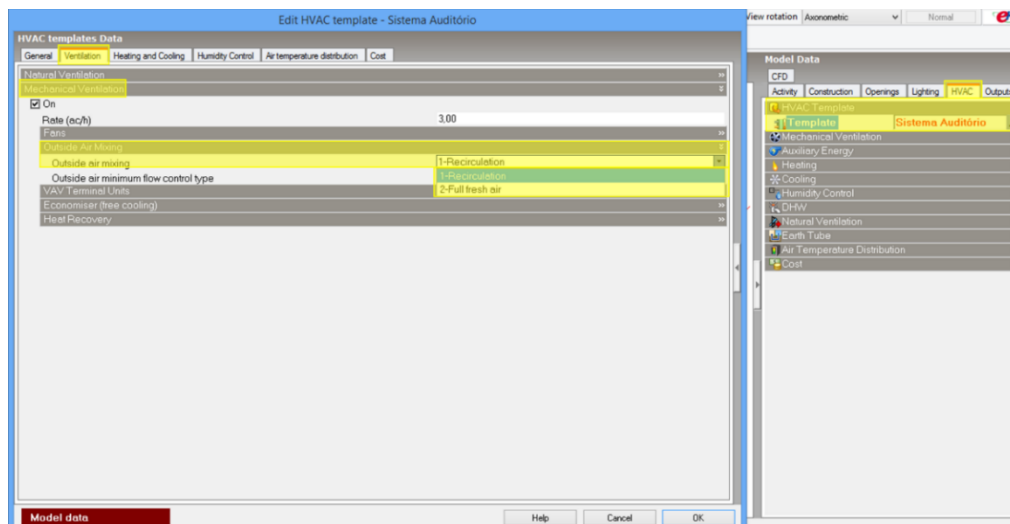


Imagem105 Recirculação de Ar no DesignBuilder

Relativamente aos equipamentos de geração de energia térmica associados aos STA, no edifício Central e da Reitoria a produção de calor e a geração de frio são garantidas principalmente por uma caldeira a gás natural (GN) e por um *chiller* elétrico, respetivamente. No entanto, também existe um *chiller* ou BC (bomba de calor) reversível associado ao STA 5 que garante o aquecimento ou o arrefecimento de um número menor de zonas (auditório e *reggió*) do que os equipamentos anteriores associados aos restantes STA.

Pela observação da etiqueta com a informação técnica da caldeira que consta no Anexo 6, percebe-se que se trata de uma caldeira da marca FERROLI modelo PREXTHERM 250, com uma potência térmica nominal de 272 kW e uma η_k (eficiência das unidades de geração de energia térmica) de 91,9% e que se pode considerar ser uma caldeira convencional dado ter quase 20 anos. Estes dados coincidem com a informação presente no levantamento. No Anexo 6 encontra-se também a etiqueta de informação técnica do queimador. De pouco ou nada serviu a informação presente na etiqueta do queimador, na qual não consta a eficiência do mesmo e não é possível identificar a marca, dado o mau estado da mesma. Outras informações técnicas da caldeira, como por exemplo temperaturas e caudais, não foram possíveis obter, no entanto, como a Imagem 106 exemplifica, foi possível representar a caldeira com os dados referidos.

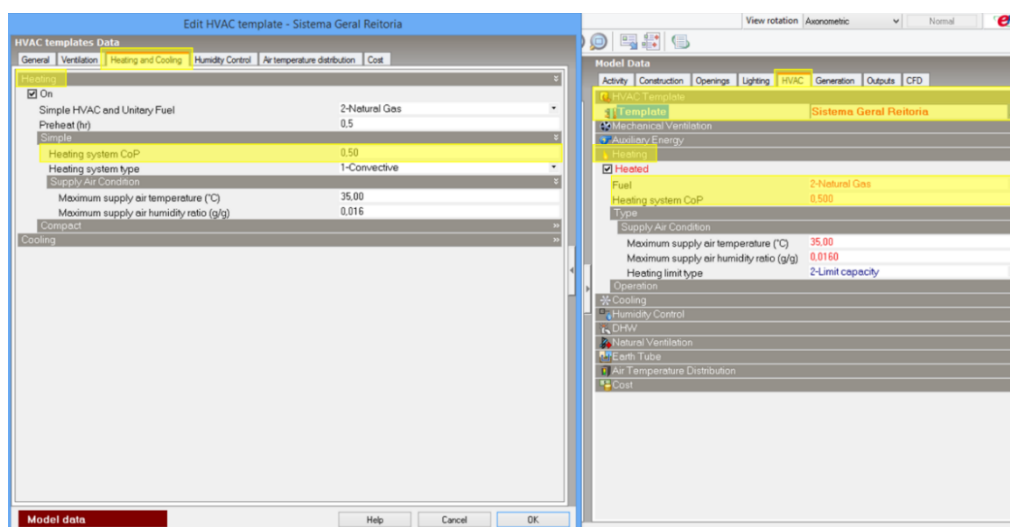


Imagem106 Caldeira no DesignBuilder

Como se pode ver na Imagem 106, a η_k introduzida no campo “Heating system CoP” não corresponde ao valor presente na etiqueta de informações técnicas. O valor introduzido corresponde a 50% e resultou de uma arbitragem no sentido de ser levada em conta a eficiência sazonal da caldeira. A η_k das caldeiras varia consoante a carga em que as mesmas se encontram a operar e, assim, surge o conceito de eficiência sazonal, que consiste na eficiência operacional real que as caldeiras atingem durante a estação de aquecimento em várias cargas de funcionamento. (Durkin, 2006) A Imagem 107 ilustra esta relação eficiência carga para os diferentes tipos de caldeiras. (DesignBuilder, 2014e)

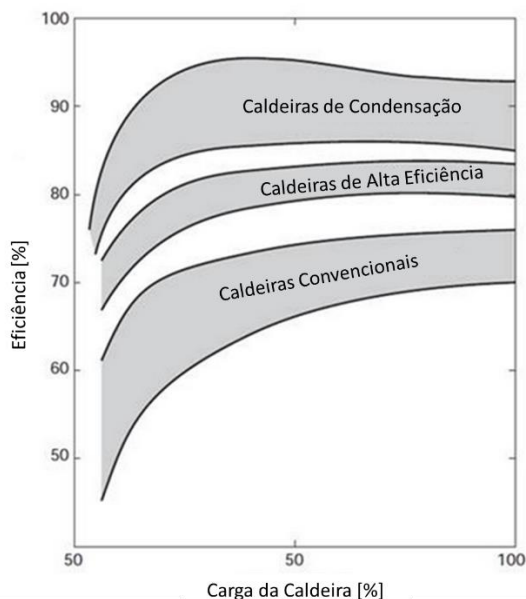


Imagem107 Curvas Eficiência Carga de Diferentes Tipos de Caldeiras

Assim, a eficiência sazonal das caldeiras resulta de uma média ponderada das eficiências atingidas para determinadas percentagens da carga de funcionamento das mesmas. (Regulations, 2011) A equação que se segue exemplifica uma metodologia de cálculo da eficiência sazonal tendo em conta as eficiências da caldeira a 100 e a 30% da carga. (Government, 2011; Regulations, 2011) Nesta os valores 0,81 e 0,19 consistem nos coeficientes de ponderação que refletem as condições típicas de operação sazonal de uma caldeira. (Government, 2011)

l

(17)

Uma vez que se desconhece qual a curva eficiência carga da caldeira existente no edifício Central e da Reitoria, foi necessário arbitrar-se um valor para a eficiência sazonal. O valor arbitrado foi 50%.

Dado o *chiller* se encontrar na cobertura do edifício em análise, onde o mesmo se encontra desprotegido do ambiente exterior e à merce da intempérie, não foi possível recolher nenhuma informação técnica da etiqueta do equipamento, pois já nada é perceptível na mesma. Assim, a caracterização do *chiller* resultou maioritariamente da análise dos dados presentes no levantamento. O *chiller* é da marca Lennox, possui uma

capacidade de arrefecimento de 250 kW e um EER de 2,75. À semelhança da caldeira, apesar de não ter sido possível caraterizar outras informações técnicas do *chiller* foi possível representa-lo tal como ilustra a Imagem 108. Junto dos SGTL foi possível identificar que o fluido intermediário do arrefecimento é a água.

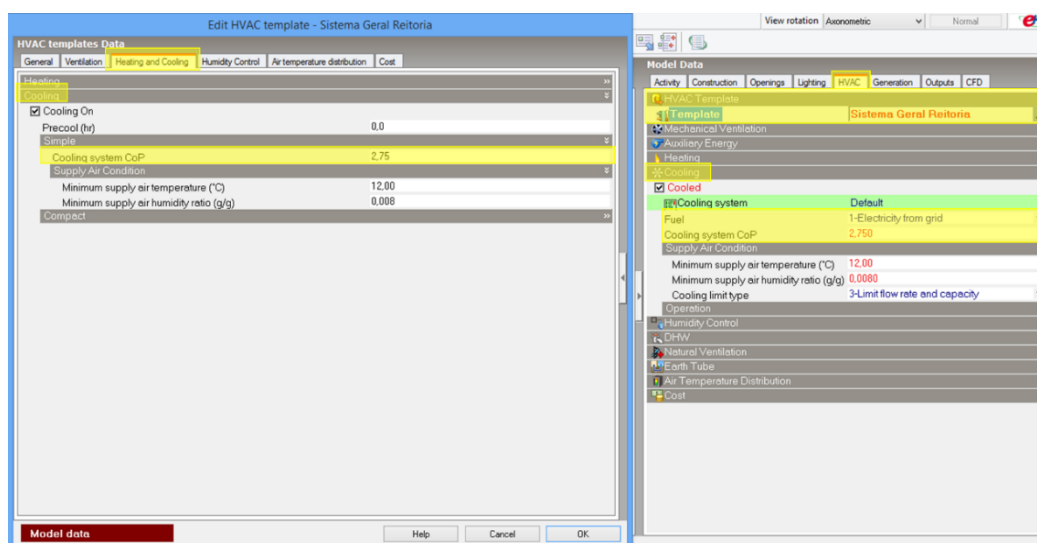


Imagem108 Chiller no DesignBuilder

Também não foi possível recolher informação técnica da etiqueta do *chiller* reversível, não só pela sua localização exterior favorável à degradação de etiquetas ou chapas dos equipamentos, mas também pela sua disposição na cobertura do auditório nada favorável à observação da chapa de informação do equipamento. A caraterização do *chiller* reversível também resultou maioritariamente da análise dos dados presentes no levantamento, tendo-se concluído tratar-se de um *chiller* da marca Lennox, com uma capacidade de 160 kW sem distinção das capacidades de aquecimento e arrefecimento e um rendimento de 2,75 mais uma vez sem distinção entre EER e COP. Dada a não distinção destas caraterísticas em aquecimento e arrefecimento recorreu-se ao apoio dos SGTL, a partir dos quais foi possível obter a informação de que o EER seria de 3,0 e o COP de 3,4. À semelhança da caldeira e do *chiller* anterior, apesar de não ter sido possível caraterizar outras informações técnicas do *chiller* reversível, foi possível representa-lo tal como ilustra a Imagem 109. Junto dos SGTL foi também possível identificar que o fluido intermediário do arrefecimento é a água.

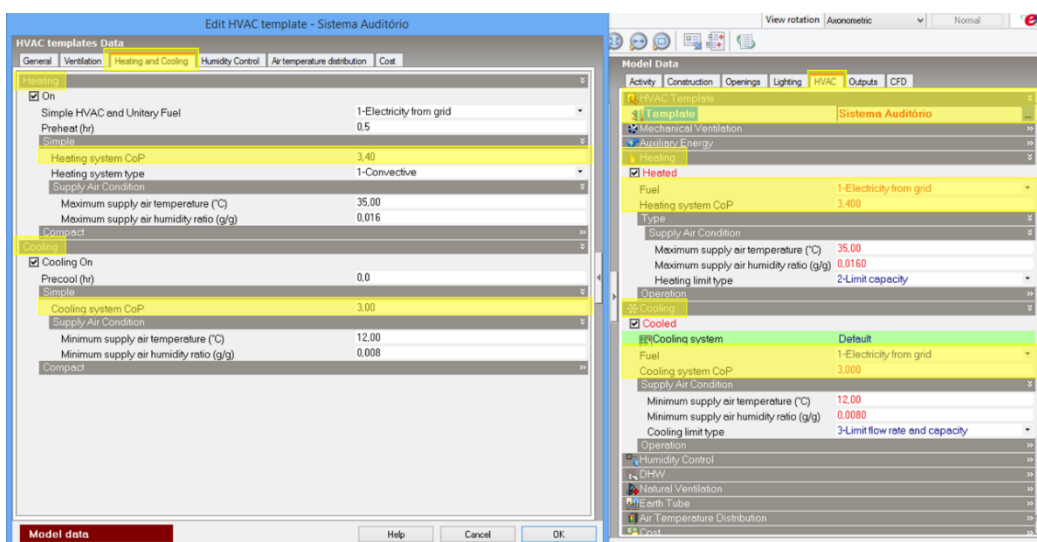


Imagem109 Chiller Reversível no DesignBuilder

Relativamente à ventilação, no edifício em estudo encontram-se os três diferentes tipos analisados no capítulo anterior. A VN através de aberturas fixas na envolvente ocorre na zona da sala da caldeira existente no piso 3 (25.4.23 Caldeira) e na zona de estacionamento existente no piso -1 (25.-1 Estacionamento), sendo que no estacionamento a VN coexiste com a VM (ventilação combinada), nomeadamente ventilação de extração. Nas restantes zonas do edifício a tipologia de ventilação existente baseia-se na VM, sendo que à exceção da zona da sala do gerador existente no piso -1 (25.-1 Gerador), que possui o seu próprio sistemas de ventilação desacoplado de qualquer climatização, só existe ventilação nos espaços servidos pelos STA. Todos os espaços servidos pelos STA 2, 3, 4 e 5 compreendem ventilação de insuflação e extração de ar, no entanto a maioria dos espaços servidos pelo STA 1 compreende só a ventilação de insuflação. Só a zona de espera (25.1.2 Circulação) e a zona de circulação do piso 1 (25.2.26 2 Circulação), servidas pelo STA 1 possuem insuflação e extração de ar. Existem ainda zonas onde só existe VM de extração, nomeadamente todas as casas-de-banho do edifício, a copa do piso 3 (25.4.2 Copa) e uma das zonas de arquivo do piso -1 (25.-1.8 Arquivo). A VM das zonas onde só existe extração de ar ocorre por ação de três ventiladores independentes de todos os sistemas até agora analisados. Um destes três ventiladores também é responsável pela extração da zona de estacionamento.

A representação do sistema de ventilação dos locais onde só existe extração de ar consistiu em considerar a existência de recuperação de calor com η_{RC} de 100 %, tal como demonstra a Imagem 110.

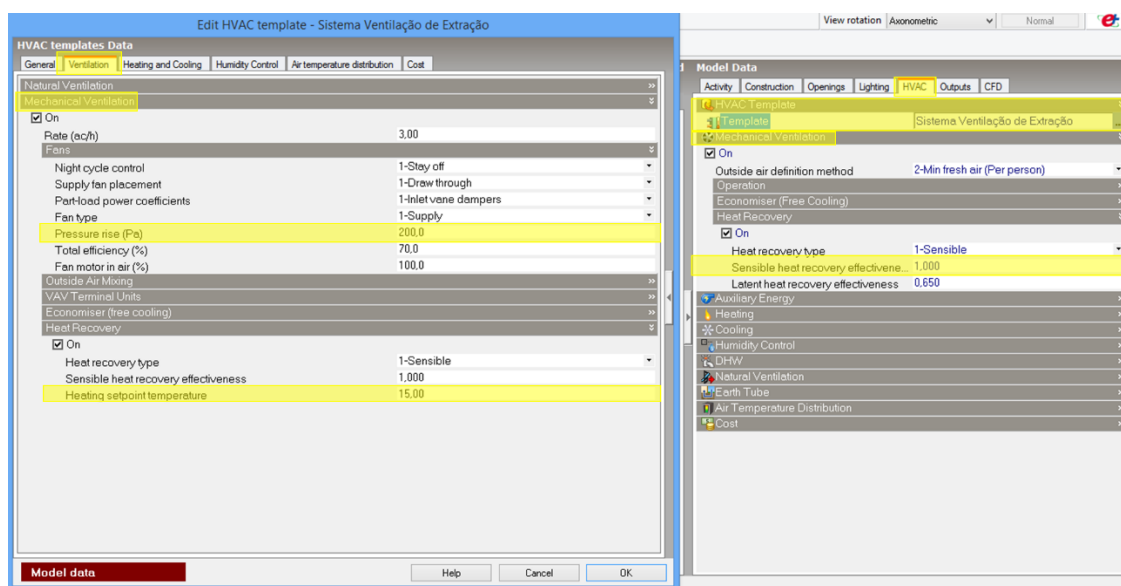


Imagem110 Ventilação de Extração no DesgnBuilder

Na mesma lógica representativa dos sistemas de ventilação de extração, o sistema de ventilação dos locais onde só existe insuflação de ar foi modelado considerando a ausência de qualquer recuperação de calor (η_{RC} de 0 %), tal como demonstra a Imagem 111.

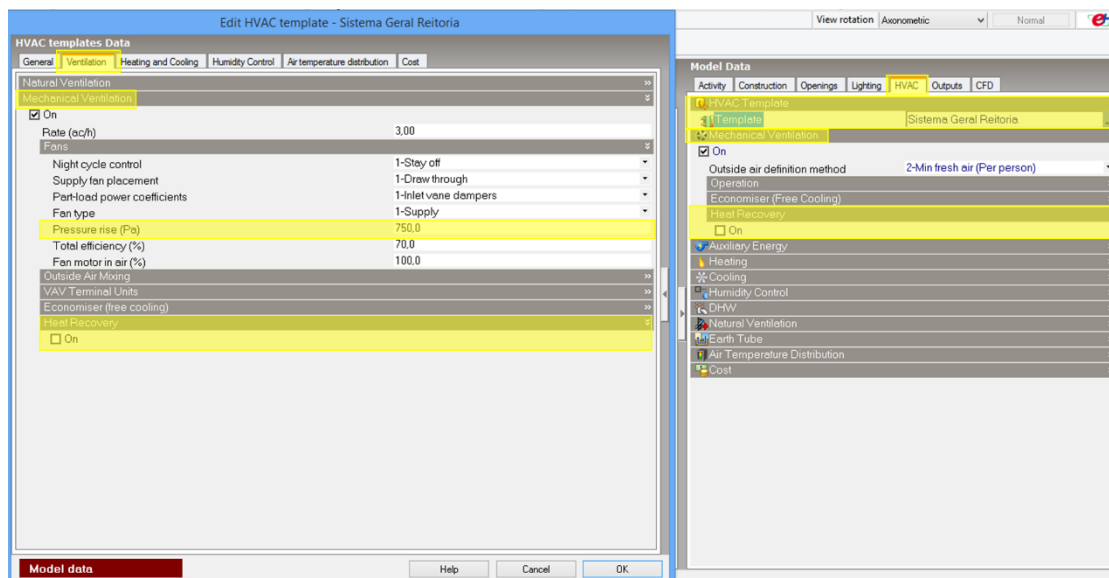


Imagem111 Ventilação de Insuflação no DesignBuilder

A modelação do sistema de ventilação dos locais onde existe insuflação e extração de ar foi realizada da forma normal, considerando a existência de recuperação de calor com η_{RC} de 70 % tal como referido anteriormente na caracterização deste processo. A Imagem 112 exemplifica a modelação de um dos sistemas de ventilação de insuflação e extração.

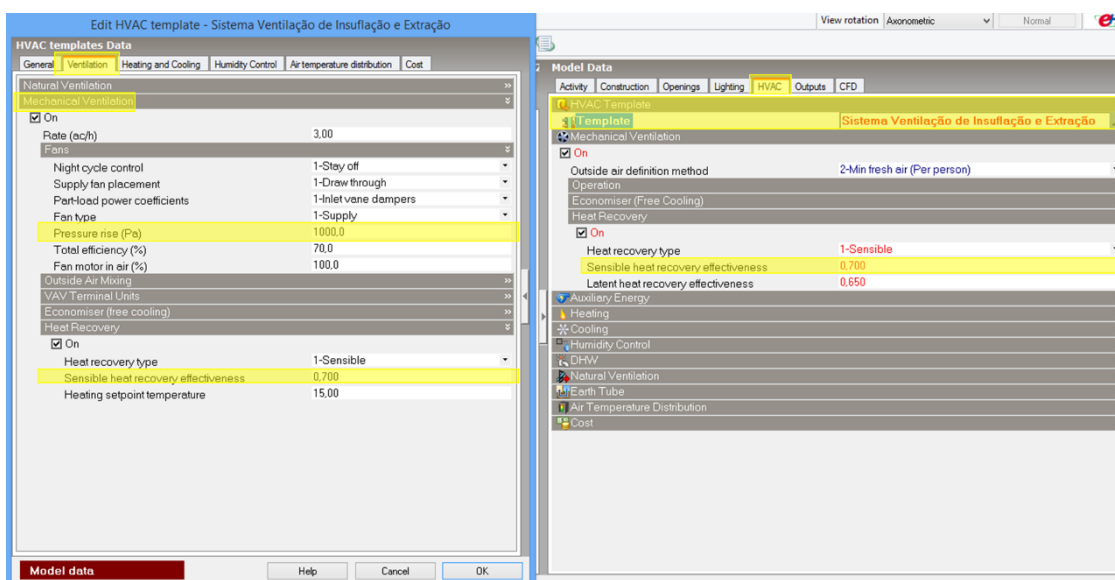


Imagem112 Ventilação de Insuflação e Extração no DesignBuilder

O sistema de ventilação desacoplado da climatização, apesar de também se caracterizar pela existência de insuflação e extração de ar, não possui qualquer recuperação de calor e, portanto, a mesma não é considerada na sua modelação, tal como se pode verificar na Imagem 113. Ainda relativamente ao sistema

de ventilação desacoplado da climatização, o mesmo tem por finalidade garantir a existência de O_2 no ar interior do espaço para garantir o adequado funcionamento do próprio gerador. Um gerador, tal como o próprio nome indica, gera energia e durante o processo de geração é “consumido” O_2 . Assim, para o correto e seguro funcionamento do gerador existe a necessidade de se controlar os níveis de O_2 no espaço, sendo estes assegurados pelo sistema de ventilação. Este sistema consiste simplesmente em dois ventiladores, um que insufla e outro que extrai o ar do espaço, não existindo quaisquer UTA ou UTAN, uma vez que não existe qualquer tratamento do ar que entra no espaço nem quaisquer filtros.

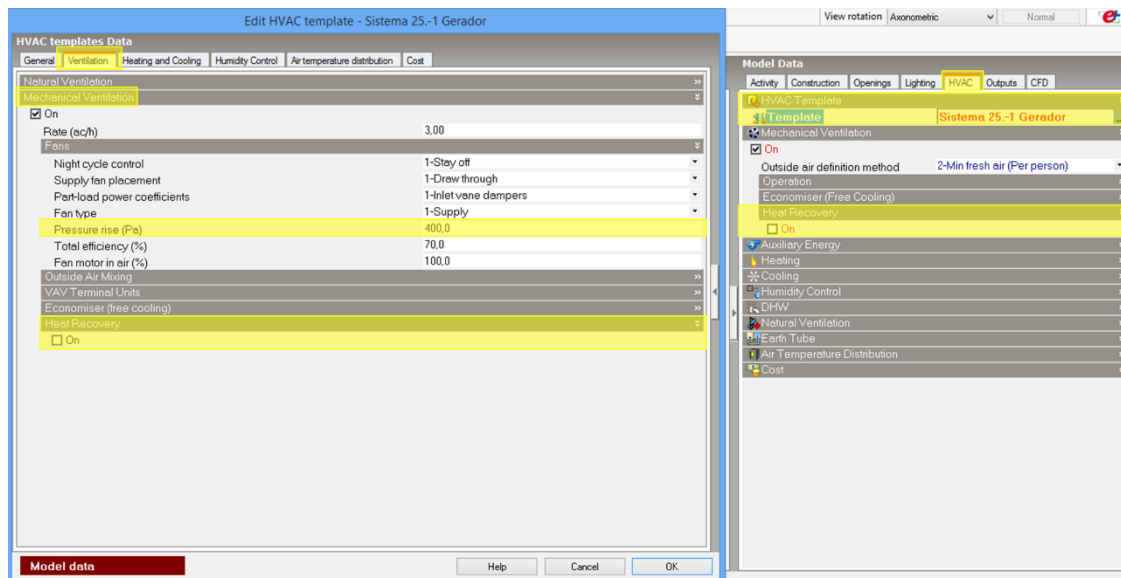


Imagem113 Sistema de Ventilação Desacoplado da Climatização no DesignBuilder

Para nenhum dos sistemas de VM, desacoplado ou não da climatização, foi possível conhecer-se quais os rendimentos totais de funcionamento dos ventiladores (η_{tot}), as potências elétricas nominais dos mesmos (P_v), os caudais de ar médios diários escoados através dos ventiladores (V_f), nem as respetivas diferenças de pressão totais (ΔP). Não tendo sido também possível categorizar os ventiladores segundo as suas SFP (*specific fan power*), nem tão pouco os seus motores elétricos quanto às classes IEC. Assim, para que fosse possível modelar um sistema de ventilação o mais coerente possível com a realidade, estimaram-se valores de ΔP para os diferentes tipos de ventilação, tendo em conta a existência ou não de recuperação de calor e de filtros associados aos sistemas de ventilação. Relativamente aos filtros, quando existentes, foi muito importante conhecerem-se os grupos aos quais pertencem, dado os mesmos apresentarem valores padrão de ΔP tal como referido no capítulo anterior. Junto dos SGTL foi possível confirmar que os sistemas de ventilação de extração e o sistema de ventilação desacoplado da climatização não possuem qualquer filtro, os STA 2, 3 e 4 possuem filtros do tipo G e os STA 1 e 5 possuem filtros do tipo F e G. Conhecidos os tipos de ventilação existentes no edifício, os sistemas com e sem recuperação de calor e a existência ou não de filtros e as classes dos mesmos, quando existentes, foi possível estimar-se os valores de ΔP para cada tipo de VM. Para os sistemas de ventilação de insuflação (STA 1) considerou-se 750 Pa, 550 Pa resultantes da perda de carga que o ar novo tem de vencer para atravessar o filtro de tipo F a atingir o seu ponto de colmatagem (a necessitar de ser substituído) e 200 Pa da perda de carga associada a um filtro de tipo G. Para os sistemas de ventilação de extração considerou-se 200 Pa correspondentes ao ventilador de extração. Uma vez que não existe insuflação, filtros nem recuperação de calor, o ar só terá de vencer a perda de carga associada somente à

extração, assim este valor não se divide e corresponde só ao ventilador de extração. Para os sistemas de ventilação de insuflação e extração considerou-se 1000, 700 e 400 Pa. Os 1000 Pa correspondem aos sistemas em que são utilizados filtros de tipo F e G (STA 1 e 5) e nos quais existe recuperação de calor, sendo 300 Pa representativos da perda de carga que o ar novo tem de vencer para atravessar o filtro de tipo F novo (longe de atingir a sua colmatagem), 200 Pa da perda de carga que o ar novo tem de vencer para atravessar o filtro de tipo G, outros 200 Pa associados ao ventilador de extração e, por fim, 300 Pa associados à recuperação de calor. Os 700 Pa correspondem aos sistemas em que só são utilizados filtros de tipo G (STA 2, 3 e 4) e nos quais existe recuperação de calor. Este valor obteve-se subtraindo aos 1000 Pa do caso anterior os 300 Pa correspondentes à perda de carga que o ar novo teria de vencer se existe-se um filtro de tipo F novo. Por fim, os 400 Pa correspondem ao sistema onde não são utilizados quaisquer filtros e no qual não existe recuperação de calor (sistema de ventilação desacoplado da climatização), sendo 200 Pa representativos da perda de carga que o ar terá de vencer para atravessar o ventilador de insuflação e os outros 200 Pa da perda de carga que o ar terá de vencer para atravessar o ventilador de extração. Além do valor de ΔP , também se arbitrou um valor para o η_{tot} tendo-se considerado 70 % para todos os ventiladores, tal como é perceptível na Imagem 110, na Imagem 111, na Imagem 112 e na Imagem 113. Determinar os valores de ΔP e η_{tot} foi essencial para a modelação dos sistemas de ventilação segundo o “simple HVAC”. Para colmatar a ausência de informação relativa aos caudais de ar médios diários escoados através dos ventiladores, introduziu-se no campo “Minimum Fresh Air” do separador “Activity” do DesignBuilder os valores presentes no levantamento referentes aos caudais mínimos de ar novo (Q_{AN}) e estabeleceu-se que o método de definição do ar novo (*outside air definition method*) no separador “HVAC” no campo “Mechanical Ventilation” consiste no ar novo mínimo por pessoas (2-Min fresh air (Per person)), ou seja, mediante o caudal mínimo introduzido no campo “Minimum Fresh Air” serão geradas as apropriadas taxas de distribuição mecânica de ar novo em cada zona e por conseguinte no edifício. (DesignBuilder, 2014f) A Imagem 114 exemplifica um destes casos.

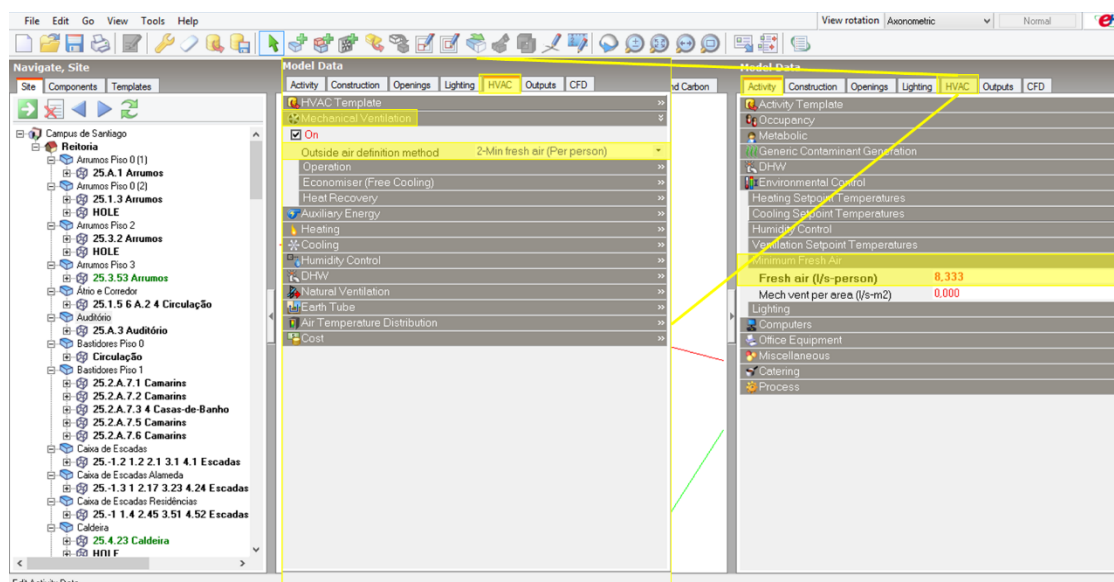


Imagem114 Caudal Mínimo de Ar Novo no DesignBuilder

Não foi possível concretizar a classificação das UTA e da UTAN existentes nos STA analisados, no entanto esta impossibilidade não foi impeditiva da continuação da modelação dos sistemas de climatização e ventilação, fruto em parte do método “simple HVAC” aplicado.

Ainda relativamente à insuflação e extração de ar, sabe-se que em todas as zonas do edifício, onde ocorre ventilação, a injeção e/ou remoção do ar têm uma configuração junta ao teto, ou seja, dá-se por recurso a difusores e/ou extratores instalados no teto. Nas zonas onde só ocorre insuflação, a remoção do ar existentes nas mesmas acaba por ser extraído por depressão comparativamente às zonas só com ventilação de extração de ar. Nas zonas onde existe insuflação e extração de ar, os difusores e os extratores encontram-se dispostos em lados opostos nos espaços de cada zona. Na zona da sala do gerador, a admissão e a extração de ar encontram-se também dispostos em locais opostos, sendo que a admissão se encontra próxima da entrada de ar no gerador e a extração da saída de ar. Acredita-se que nas zonas com só com insuflação de ar e nas zonas com insuflação e extração a injeção de ar ocorre graças a difusores do tipo fenda. Nas zonas só com extração e na sala do gerador, os difusores são de teto. Configurado o processo de difusão de ar nos espaços, torna-se possível determinar a ϵ_v (eficácia de ventilação). A ϵ_v atua na correção dos Q_{AN} , quando os mesmos são determinados segundo um dos métodos compreendidos na portaria número 353-A do pacote legislativo do SCE. Pela Imagem 41 do capítulo 2 para as configurações descritas ϵ_v toma o valor de 1, não sofrendo os valores de Q_{AN} qualquer alteração.

A modelação da VN presente no edifício em estudo baseou-se na inclusão da mesma nas zonas do edifício onde se sabe existir este tipo de ventilação (sala da caldeira e estacionamento), tendo-se considerado, na impossibilidade de se conhecer o valor real, o valor de R_{ph} facultado por defeito pelo DesignBuilder. A Imagem 115 exemplifica a caracterização da VN na zona da sala da caldeira, equivalente para a zona de estacionamento.

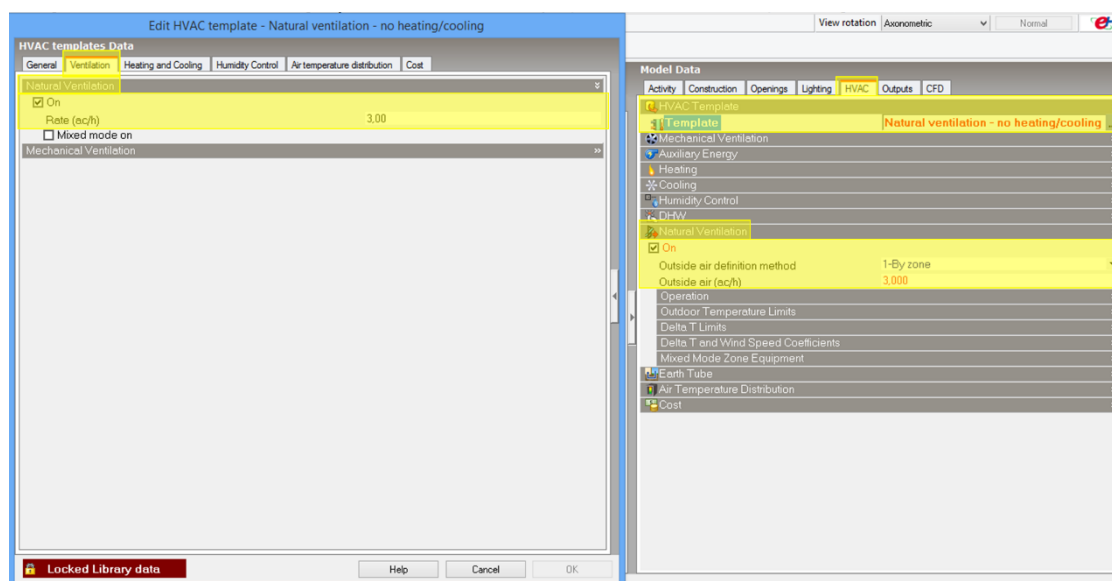


Imagem115 Ventilação Natural no DesignBuilder

À semelhança da modelação da VN, também as infiltrações foram caracterizadas com base na inclusão das mesmas em todo o edifício, considerando o valor de R_{ph} facultado por defeito pelo DesignBuilder. A Imagem 116 exemplifica o que foi referido.

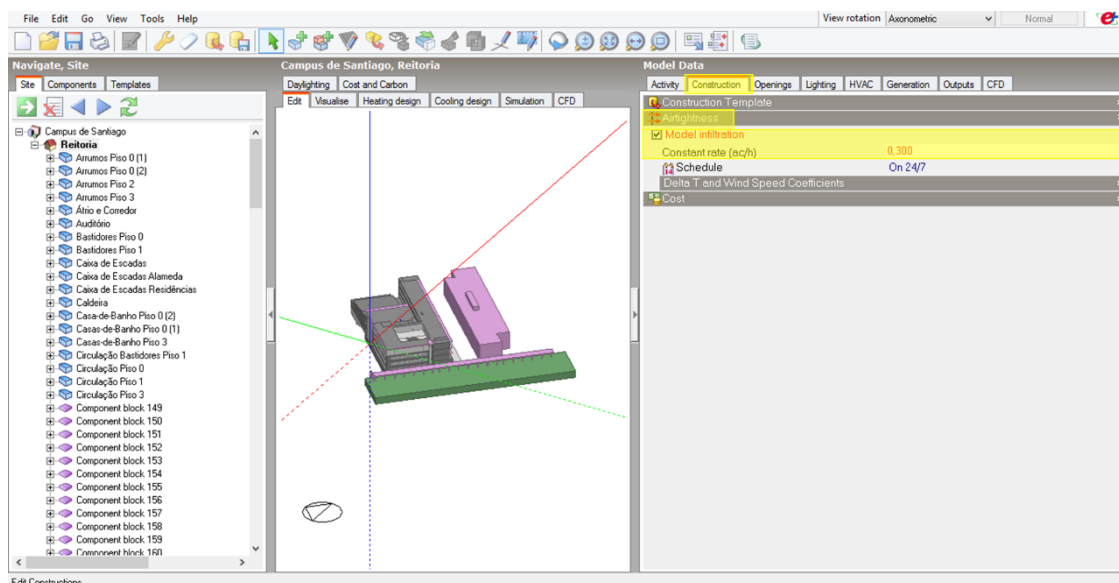


Imagem116 Infiltrações no DesignBuilder

Relativamente às condutas de distribuição de ar, não foi possível determinar os seus formatos e muito menos os seus diâmetros, áreas de secção, alturas e espessuras dos seus isolamentos. No entanto, esta incapacidade não se revelou um transtorno à modelação dos sistemas de climatização e ventilação.

Tal como já foi referido, a climatização garantida por um dos 5 STA existentes é complementada por um sistema hidrónico. Esse STA é o STA 1, que, juntamente com uma rede de tubagens que transporta o fluido (água quente) da unidade de geração de calor até às unidades terminais do tipo ventiloconvectores e radiadores, garante a geração e conservação das condições interiores de conforto térmico do edifício, nomeadamente das zonas servidas por este STA. Esta coexistência do STA com o sistema hidrónico não é transversal a todas as zonas servidas pelo STA 1, não estando presente nas zonas de circulação e de arquivo. A unidade de geração de calor que promove o aquecimento da água a ser transportada na rede de tubagens consiste na já caracterizada caldeira a gás natural que serve também todos os STA existentes. As unidades terminais existentes são do tipo ventiloconvectores e radiadores. Os ventiloconvectores encontram-se presentes em todas as zonas de gabinetes e salas de reunião do piso 3 servidas pelo STA 1, bem como nas zonas de salas do senado, tradução e atos solenes e na zona do bar do piso 0, enquanto os radiadores nas restantes zonas de gabinetes e salas de reunião servidas pelo STA 1. Não foi possível caracterizar os caudais máximos de água que atravessam as unidades terminais, o coeficiente de transferência de calor total dos ventiloconvectores nem a capacidade dos e a temperatura média da água que atravessa os radiadores. Para que este sistema hidrónico não fosse desprezado na modelação dos sistemas de climatização e ventilação, tentou escolher-se o "HVAC template" que melhor representa-se esta dupla de sistemas. Os *templates* escolhidos são no final desta subsecção analisados. À semelhança dos sistemas de ventilação, também neste sistema de climatização desacoplado da ventilação não foi possível caracterizar os motores elétricos das suas bombas de circulação quanto à classificação IEC, nem as suas tubagens quanto ao diâmetro, temperatura do fluido no interior e espessura dos isolamentos.

Além dos STA, do sistema de ventilação desacoplado da climatização e do sistema hidrónico, o edifício Central e da Reitoria também possui dois sistemas de climatização de DX de AC (ar condicionado) do tipo *split*. Ambos os sistemas DX servem zonas existentes no piso -1, um serve a zona de centrais de segurança (25.-1.1 2 Centrais de Segurança) e outro a zona da sala de quadros elétricos (25.-1.5 Sala de Quadros

Eléctricos). No local foi possível observar-se e recolher informação da unidade *split* da zona de centrais de segurança (Anexo 7), tendo-se concluído que se trata de uma unidade da marca Haier, com uma capacidade de aquecimento de 4,1 kW e um COP de 3,02, bem como com uma capacidade de arrefecimento de 3,6 kW e um EER de 2,50. Já na unidade *split* da sala de quadros eléctricos não foi possível e como tal recorreu-se aos dados presentes no levantamento realizado, dados estes que no caso da primeira unidade *split* não se encontram corretos ou atualizados. A segunda unidade *split* caracteriza-se por ser também da marca Haier, por apresentar uma capacidade de aquecimento de 18 kW e um COP de 3,0, bem como uma capacidade de arrefecimento de 14 kW e um EER de 2,15. O valor dos caudais de ar associados à climatização por recurso a estas unidades de AC *split* não foram possíveis caracterizar. É importante referir que a unidade AC da sala de quadros eléctricos tem por finalidade evitar, principalmente, o sobreaquecimento dessa zona, provocado pelo funcionamento em contínuo dos equipamentos existentes na mesma (quadros eléctricos). A imagem que se segue exemplifica a representação destes sistemas DX no DesignBuilder.

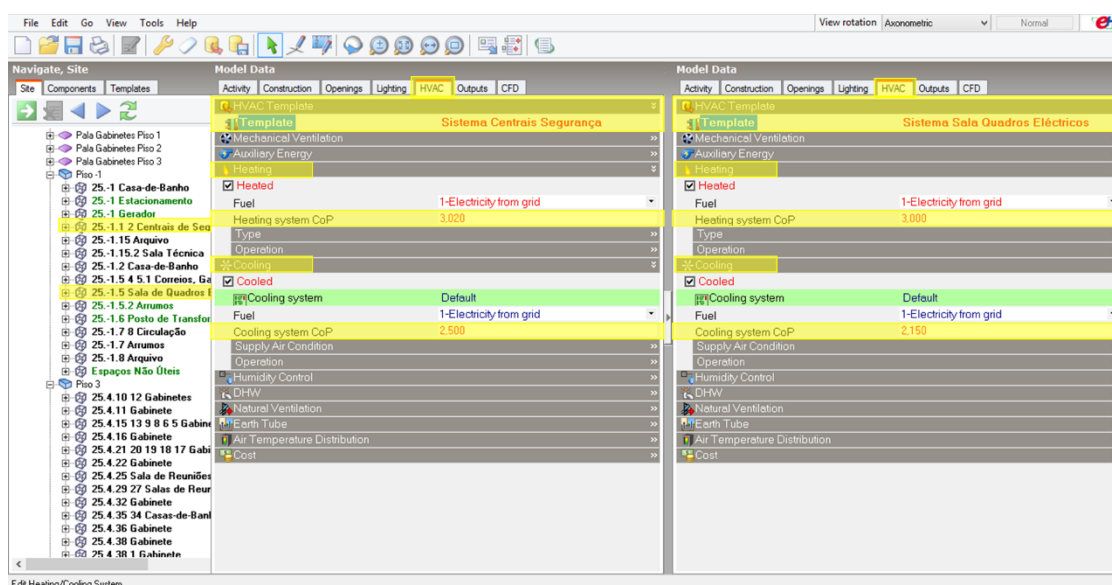


Imagem17 Sistemas AC Split no DesignBuilder (à esquerda unidade da zona de centrais de segurança e à direita zona da sala de quadros eléctricos)

Relativamente aos valores das temperaturas *setpoint* inicialmente estabeleceram-se os valores referidos pela legislação e por norma utilizados como valores padrão, isto é 20 e 25 °C para o aquecimento e arrefecimento, respetivamente. No entanto, por motivos que serão discutidos mais à frente na secção 3.4., aumentou-se o valor da temperatura *setpoint* de aquecimento para 22 °C. À exceção da unidade AC que serve a zona da sala de quadros eléctricos, este aumento é válido tanto nos STA como nos sistemas em que a climatização se encontra desacoplada da ventilação. Na zona da sala de quadros eléctricos as temperaturas *setpoint* praticadas são 0 °C para o aquecimento e 25 °C para o arrefecimento.

Para que fosse contabilizado o consumo devido aos ventiladores e às bombas intervenientes nos sistemas de climatização e ventilação, realizou-se uma primeira simulação com os cálculos da energia auxiliar (*Auxiliary energy calculation*) no método de ventilação mecânica (*Mechanical ventilation method*) definidos como “2-Separate fans and pumps” e “1-Room ventilation”, respetivamente. Desta simulação resulta o consumo devido aos ventiladores que, ao ser dividido pela área dos espaços do edifício com climatização e/ou ventilação por recurso a meios mecânicos, permite obter o valor do consumo associado à energia auxiliar aos

sistemas de climatização e/ou ventilação. Depois de obtido este valor, alterou-se os cálculos da energia auxiliar e o método de ventilação mecânica para “1-NCM” e “2-Ideal loads” e introduziu-se o valor obtido no campo energia auxiliar (kWh·m⁻²) (auxiliary energy) no separador “HVAC”, contabilizando-se assim o consumo devido aos ventiladores sem prejuízo do efeito da recuperação de calor e do *free cooling* incluído na definição do método de ventilação mecânica como “1-Room ventilation”. Após nova simulação, com a aplicação das alterações referidas, o consumo devido aos ventiladores e bombas surge como o utilizador final energia auxiliar. Apesar de tudo o que foi referido, esta metodologia só foi considerada como viável depois de se ter confirmado que o valor, obtido da segunda simulação, do consumo total anual de energia auxiliar (ventiladores e bombas) é próximo ou equivalente do obtido analiticamente segundo as recomendações do guia regulamentar inglês de modelação de edifícios relativo ao NCM (National Calculation Methodology).

Para os tipos de sistemas de climatização e ventilação existentes no edifício em análise, o guia recomenda que para espaços ventilados mecanicamente a energia auxiliar por unidade de área de pavimento seja calculada tendo em conta o produto da taxa de ar novo do espaço, com o número de horas de operação do sistema e com a SFP (*specific fan power*) apropriada selecionada a partir da tabela ilustrada pela Imagem 118. (London, 2008) Para os espaços servidos por sistemas AC, o guia recomenda que a energia auxiliar seja calculada a partir do produto do número de horas de operação dos sistemas pelo maior valor entre o produto da taxa de ar novo dos espaços com a SFP (Imagem 118) e 8,5 W·m⁻². (London, 2008) Tendo-se utilizado os valores de SFP iguais a 1,2 e 0,5 para os espaços ventilados mecanicamente e os valores de Q_{AN} já referidos como os valores das taxas de ar novo para cada espaço, obteve-se 8 844,01 kWh de consumo de energia auxiliar. Comparando este valor com os 9 337,04 kWh obtidos através das simulações descritas, pode-se considerar viável a metodologia com recurso ao DesignBuilder. É importante referir ainda que tanto no processo de calibração como, mais tarde, na aplicação das soluções de reabilitação energética, foi sempre necessário realizar duas simulações de forma a garantir-se que o valor do consumo associado à energia auxiliar a ser introduzido na segunda simulação não sofre alterações. Por último, é também importante mencionar que ao definir-se os cálculos da energia auxiliar como “1-NCM”, o tipo de análise definido nas opções do modelo (*model options*) no separador “display” tem de estar definido como “1-EnergyPlus”.

Table 7: Specific fan power for different ventilation systems

System type	Specific fan power W/l/s ⁻¹
Centralised balanced mechanical ventilation system, including the air supplies to centralised air conditioning systems	2.0**
Zonal supply system where the fan is remote from the zone, such as ceiling void or roof mounted units	1.2**
Zonal extract system where the fan is remote from the zone	0.8
Local ventilation-only units, such as window/wall/roof units serving a single area (eg toilet extract)	0.5
** If the activity in the space requires the use of higher levels of filtration (e.g. HEPA filters – see paragraph 69)), then the specific fan power must be increased by 1.0 W/l/s ⁻¹ .	

Imagem118 SFP Guia Regulamentar de Modelação de Edifícios Relativo ao NCM (London, 2008)

Para concluir, a modelação no DesignBuilder dos diferentes sistemas de climatização e ventilação existentes no edifício em análise partiu da prévia seleção do “HVAC template” mais adequado a cada sistema. No total foram selecionados três diferentes *templates* (Imagem 119), um representativo dos STA, *Hot water radiator, mech vent supply* e outro representativo dos sistemas AC *split, Split no fresh air*, e por fim, um representativo da VN, *Natural ventilation no heating/cooling*

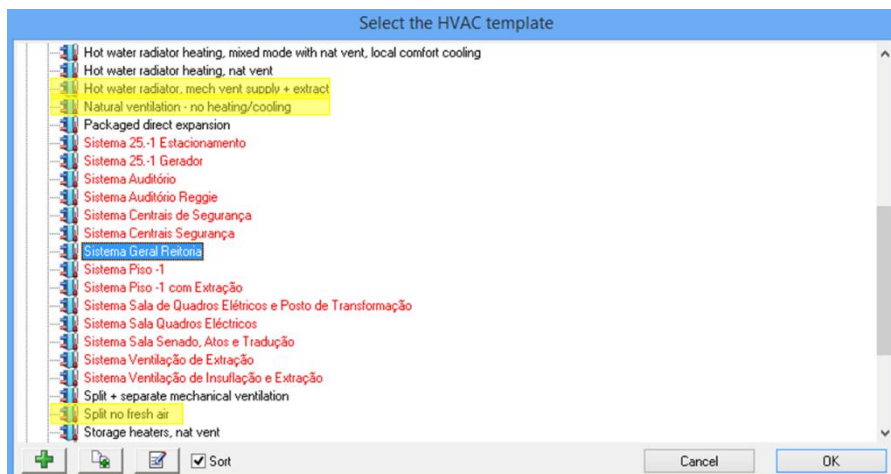


Imagem119 HVAC templates Selecionados

3.2.5. Iluminação

A caracterização dos sistemas de iluminação do edifício Central e da Reitoria teve por base os dados disponíveis no levantamento realizado pela entidade independente e exterior. Contudo, antes de se aplicar a informação recolhida pelo levantamento referido, foi realizada uma análise crítica dos dados caracterizadores da iluminação do edifício em análise, tendo por vezes acontecido uma reformulação no tratamento de dados presente no levantamento.

À exceção dos espaços classificados como ZNU no âmbito do RECS, já referidos e sujeitos a análise na subsecção 3.2.2., os restantes espaços que compõem o edifício Central e da Reitoria possuem sistema de iluminação. Destes espaços com ausência de sistema de iluminação, aquele que se localiza no piso 0 (Circulação) não consta do levantamento no qual se baseia a presente subsecção. Assim, a determinação de que este espaço não apresenta dispositivos para a iluminação artificial consistiu em recolher informação no local. Posto isto, foi possível concluir que o espaço em causa é pouco frequentado e é desprovido de qualquer sistema técnico de edifícios, no qual se incluem os sistemas de iluminação. Os restantes espaços com ausência de sistema de iluminação constam do levantamento, mas os campos relativos à iluminação não apresentam qualquer informação. Dado representarem zonas técnicas do edifício em análise e, portanto, de acesso menos facilitado, considerou-se serem também eles desprovidos de quaisquer sistemas técnicos. Neste sentido, é importante referir que foi com base nesta caracterização ou metodologia de caracterização que foi possível distinguir estes 4 espaços como ZNU no âmbito do RECS. Para concluir, os conjuntos de espaços que representam dois dos três elevadores existentes no edifício em análise (25.-1 1.3 2.3 3.3 4.3 Elevador e -1.2 1.2 2.2 3.2 4.2 Elevador) constam do levantamento, mas também não possuem qualquer informação nos campos destinados à caracterização dos sistemas de iluminação. Uma vez que foi possível comprovar no local a existência de iluminação em todos os elevadores, a alternativa encontrada consistiu em considerar que os sistemas de iluminação dos conjuntos de espaços em causa são idênticos ao sistema presente no conjunto de espaços que representa o terceiro elevador (25.1 2 3 4 Elevador). A caracterização dos elevadores existentes no edifício Central e da Reitoria será descrita na subsecção 3.2.6..

Dado o elevado número de espaços do edifício em análise (248 espaços), o tratamento de dados será primeiramente realizado numa ótica global do edifício e de seguida será realizada a caracterização piso a piso (5 pisos). Mais à frente na subsecção 3.2.8. analisa-se toda a informação caracterizadora do desempenho

energético do edifício por ZT (zona térmica), ou seja, de forma mais detalhada e praticamente de “espaço a espaço”.

No edifício Central e da Reitoria existe um total de 1 065 luminárias, 1 037 balastros e 1 607 lâmpadas. No levantamento não é especificado o número total de balastros, contudo no cálculo da potência de iluminação, presente no levantamento, é perceptível que se considera que existe 1 balastro por cada lâmpada. Ou seja, onde na equação (11), presente no capítulo 2, se multiplica a potência de balastro pelo número de luminárias, no levantamento é realizado o produto da potência de balastro pelo número de luminárias e pelo número de lâmpadas por luminária que nada mais é do que multiplicar a potência de balastro pelo número de lâmpadas existentes. Optou-se por considerar que por cada luminária existiria 1 balastro, tendo sempre em conta a indicação presente no levantamento de que 28 das 1 065 luminárias não possuem qualquer balastro. Tal como foi referido no capítulo 2, a descrição dos tipos de luminárias e dos tipos de balastros não é essencial, mas, existindo essa informação, pode constar da caracterização operacional dos sistemas de iluminação. Os tipos de luminárias existentes não consta do levantamento, mas os tipos de balastros sim e essencialmente dividem-se em balastros eletrónicos e eletromagnéticos. Tal como a Imagem 120 ilustra, 34% dos balastros são eletrónicos e 42% eletromagnéticos, o que corresponde a 352 e 438 balastros respetivamente. Os restantes 247 balastros não possuem descrição do tipo e, portanto, são caracterizados como de tipo “Não Aplicável”.

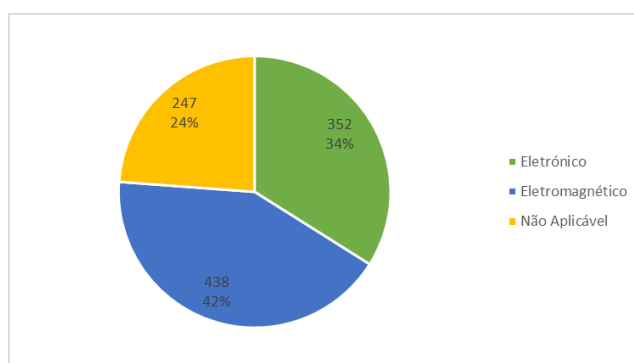


Imagem120 Quantidade Total de Balastros por Tipo de Balastro

Os balastros existentes apresentam dois valores diferentes de potência, 5 ou 15 W cada um. Como a Imagem 121 demonstra, só 30 dos 1 037 balastros possuem potência de 15 W. Os balastros do tipo eletrónico e eletromagnético só apresentam potências de 5 W, representando 790 dos 1 007 balastros. Os restantes balastros de 5 W e os 30 balastros de 15 W são do tipo “Não Aplicável”.

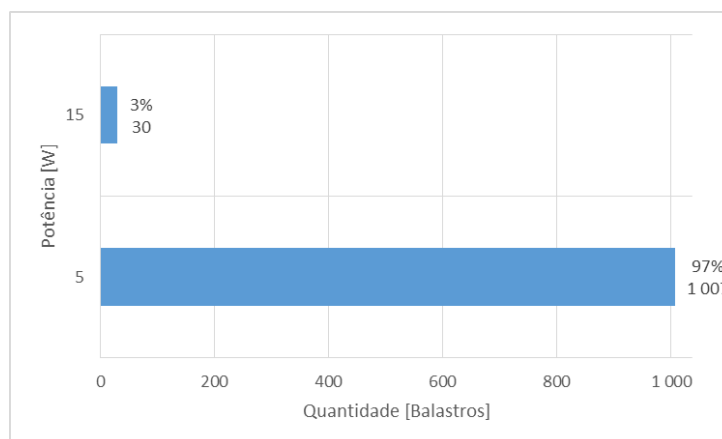


Imagem121 Quantidade Total de Balastros por Potência de Balastro

Conhecendo-se o número total de balastros existentes e a potência de cada um deles, facilmente se chegou à correspondente potência total de 5,49 kW. A Imagem 122 identifica a potência total por tipo de balastro, bem como o peso de cada tipo na potência total que, como seria de esperar, tem ordens de grandeza similares às presentes na Imagem 120.

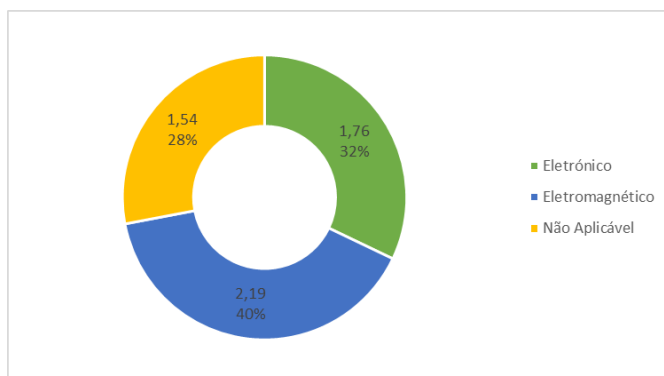


Imagem122 Potência Total de Balastros por Tipo de Balastro (em kW)

O número total de lâmpadas foi calculado tendo em conta o número de lâmpadas por luminária indicado no levantamento. Este valor no máximo atinge as 4 lâmpadas por luminária e no mínimo 1 ou 2 lâmpadas por luminária. A Imagem 123 mostra como estes valores se distribuem num total de 1 065 luminárias de forma a culminar num total de 1 607 lâmpadas.

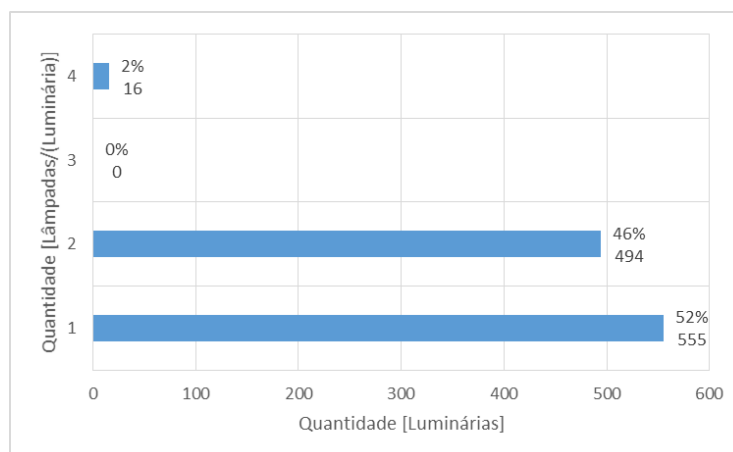


Imagem123 Quantidade de Lâmpadas por Luminária na Totalidade de Luminárias

Traduzindo a Imagem 123, 555 luminárias possuem 1 lâmpada por luminária, 494 possuem 2 lâmpadas por luminária e 16 possuem 4 lâmpadas por luminária, o que no total de luminárias existentes representa 52, 46 e 16% respetivamente. Não existe qualquer luminária com 3 lâmpadas por luminária. A partir desta informação facilmente se chegou ao número total de lâmpadas. No edifício Central e da Reitoria existem 5 tipos diferentes de lâmpadas. Como a Imagem 124 ilustra, 47% das lâmpadas existentes são fluorescentes

tubulares, 36% fluorescentes compactas, 15% de halogéneo, 2% incandescentes e 0,1% de iodetos metálicos, o que corresponde a 754, 578, 245, 28 e 2 lâmpadas respetivamente. Todas as lâmpadas fluorescentes tubulares existentes são T8. A letra “T” permite identificar as lâmpadas fluorescentes como sendo tubulares e o número¹⁴ o diâmetro das mesmas, que neste caso por ser 8 corresponde a oito oitavos de polegada (8/8” aproximadamente igual a 26 mm). (Philips, 2014)

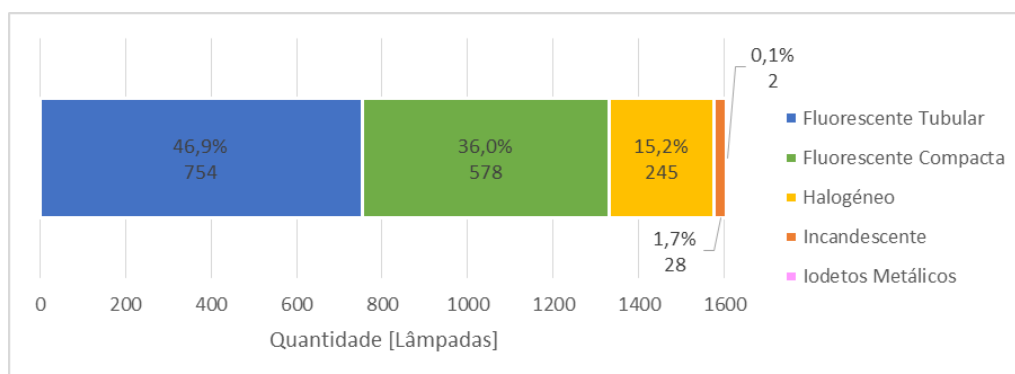


Imagem124 Quantidade Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada

Na construção do modelo de SD do edifício em análise, para a representação dos tipos de lâmpadas existentes utilizaram-se os *template* “Fluorescent, compact”, “Fluorescent (no details)”, “Tungsten lamp”, “Metal halide” e “GLS”¹⁵; para fluorescentes compactas, fluorescentes tubulares, de halogéneo, de iodetos metálicos e incandescentes, respetivamente. Apesar de existirem *template*s específicos para lâmpadas fluorescentes tubulares T8, optou-se pelo “Fluorescent (no details)” uma vez que não se conhecem os detalhes necessários à tomada de decisão por um dos vários *template*s “T8 (25mm diam) Fluorescent (...)” disponíveis no *software*. A Imagem 125 ilustra as escolhas efetuadas.

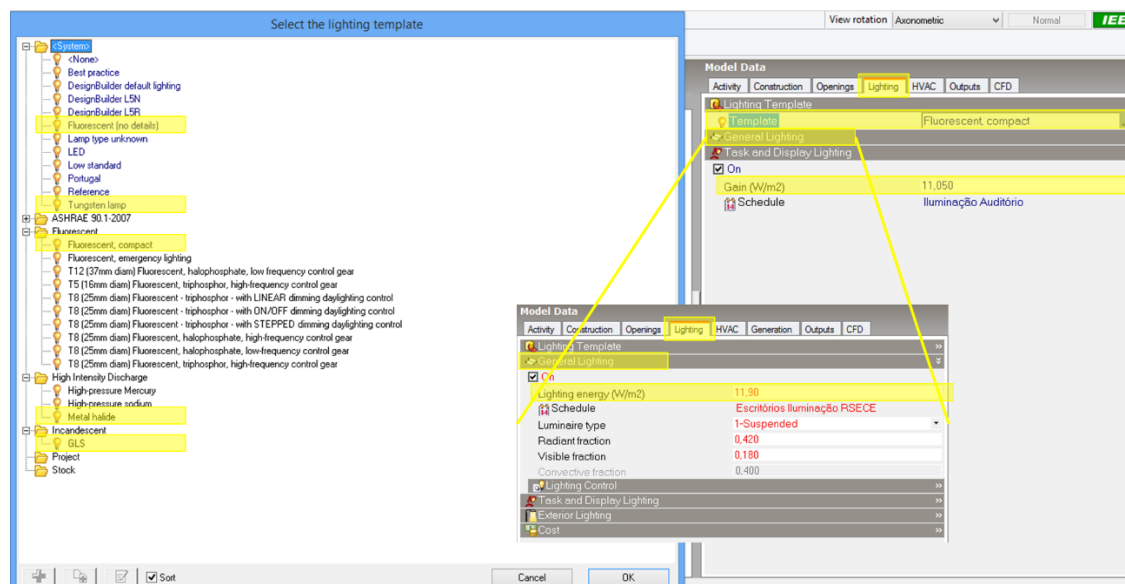


Imagem125 Tipologia das Lâmpada no Software de SD (lighting templates)

¹⁴ Existem também lâmpadas fluorescentes tubulares T5, T10 e T12. (Philips, 2014)

¹⁵ GLS - General Lighting Service (Blog, 2011)

A potência de cada lâmpada oscila entre 7 e 150 W, tal como a Imagem 126 demonstra. As lâmpadas de 7, 18, 60 e 150 W existem em menor número, representando apenas 132 das 1 607 lâmpadas. Em maior número estão presentes as lâmpadas de 9, 13, 36 e 50 W, num total de 1 475 lâmpadas.

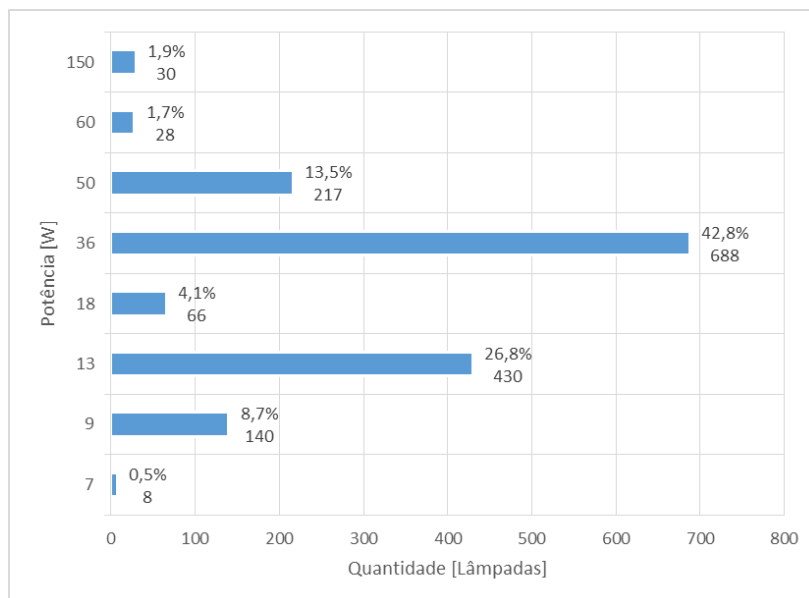


Imagem126 Quantidade Total de Lâmpadas por Potência Individual de Lâmpada

Conhecendo-se o número total de lâmpadas existentes e a potência de cada uma delas, facilmente se chegou à correspondente potência total de 49,89 kW. Caracterizados os tipos de lâmpadas existentes e conhecida a potência total das mesmas, segue-se a identificação da potência total por tipo de lâmpada e, consequentemente, do peso de cada tipo na potência total. Da análise da Imagem 127 pode-se verificar que as lâmpadas fluorescentes tubulares representam 52% da potência total, o que é coerente com o facto de serem o tipo de lâmpadas presente em maior número no edifício em análise.

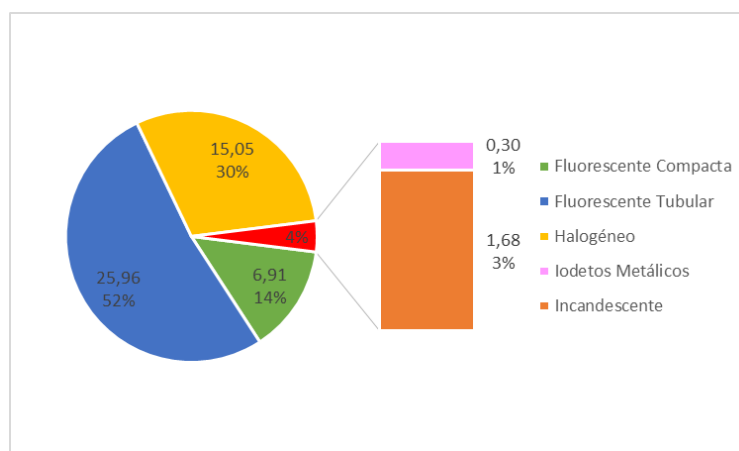


Imagem127 Potência Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada (em kW)

Apesar do que fora referido para as fluorescentes tubulares e ao contrário do que seria de esperar pela análise da Imagem 124, as lâmpadas de halogéneo representam 30% da potência total e as fluorescentes compactas 14%. Esta troca de grandezas é justificável tendo em conta que das 245 lâmpadas de halogéneo, 217 são de 50 W e 28 de 150 W. Enquanto as 578 lâmpadas fluorescentes compactas se dividem em 8 lâmpadas de 7 W, 140 de 9 W e 430 de 13 W. Às lâmpadas incandescentes corresponde a potência de 60 W e às de iodetos metálicos 150 W. 66 das 754 lâmpadas fluorescentes tubulares possuem potência de 18 W e as restantes 688 de 36 W. As elevadas potências associadas às lâmpadas de halogéneo e incandescentes são reflexo das pobres eficiências luminosas que estes tipos de lâmpadas apresentam. Uma baixa eficiência luminosa significa que 1 W de potência absorvida gera poucos lm (lumens), ou seja, um pequeno O (fluxo luminoso). Como este é o caso das lâmpadas de halogéneo e incandescentes, estas necessitam de elevadas potências para que possam gerar o O pretendido. É também de referir que à totalidade das lâmpadas fluorescentes compactas presentes no edifício em análise correspondem todos os balastros eletrónicos existentes, à totalidade das fluorescentes tubulares todos os eletromagnéticos, à totalidade das lâmpadas de halogéneo e de iodetos metálicos todos os de tipo “Não Aplicável”. Não existe qualquer balastro associado às lâmpadas incandescentes.

Conhecidos todos os elementos necessários para o cálculo da potência de iluminação segundo a equação (11) (capítulo 2) ou simplesmente as potências totais dos balastros e das lâmpadas existentes, obteve-se a potência total de iluminação de 55,38 kW. Determinada a potência total de iluminação foi possível calcular-se a DPI total através da aplicação da equação (12) (capítulo 2), resultando no valor de 1,48 kW·m⁻². Relativamente aos valores de E ou E_m aplicados ao modelo de SD do edifício em análise, o levantamento não refere quaisquer valores. Tendo em conta o défice de informação e as dificuldades que a medição de E_m acarretaria para o progresso do presente projeto (tempo e logística), optou-se por considerar os valores que o *software* utilizado aplica ou sugere por defeito (*target illuminance*). Só o valor de E_m da zona de circulação do piso 3 (25.4.4 33 Circulação) foi caracterizado tendo em conta o apoio prestado pelos SGT. Mais à frente na presente secção será detalhada esta situação pontual. Posto isto, os valores de E_m aplicados foram: 25, 200, 300 e 350 lux. Estes valores foram sugeridos por defeito pelo *software* tendo em conta o *activity template* selecionado. A escolha deste *template* coincide com a identificação dos serviços oferecidos pelo edifício em análise (edifício de escritórios, estabelecimento de ensino, etc.), que será descrita na subsecção 3.2.7.. As próximas imagens ilustram uma zona exemplo por cada nível de E_m existente, bem como o campo a preencher com o valor da DPI. O valor da DPI também pode ser definido nos campos “Lighting energy (W·m⁻²)” e “Gain (W·m⁻²)” ilustrados na Imagem 125. Estes campos podem ou não estar presentes em simultâneo na caracterização dos sistemas de iluminação das zonas do edifício em análise, de qualquer forma, caso estes campos não sejam automaticamente preenchidos com a informação introduzida no campo ilustrado pelas imagens que se seguem, esta deve ser introduzida manualmente.

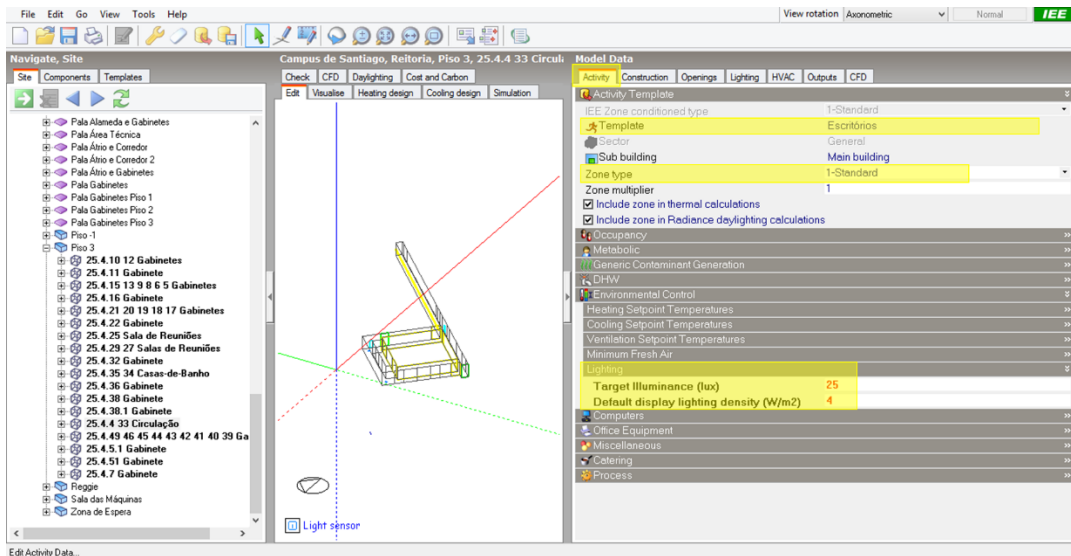


Imagem128 Zona do Modelo de SD ~~copa~~ E25 lux

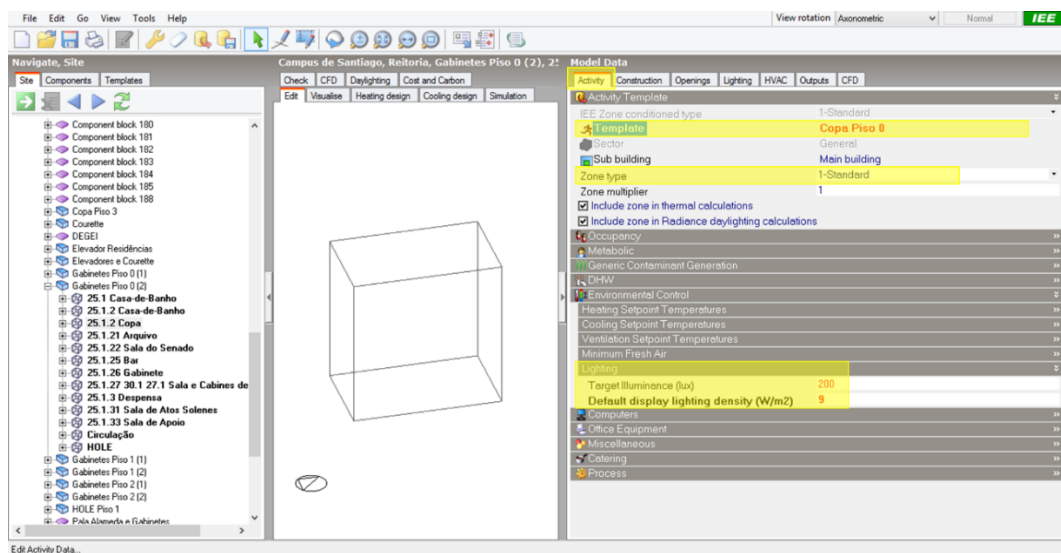


Imagem129 Zona do Modelo de SD ~~copa~~ E200 lux

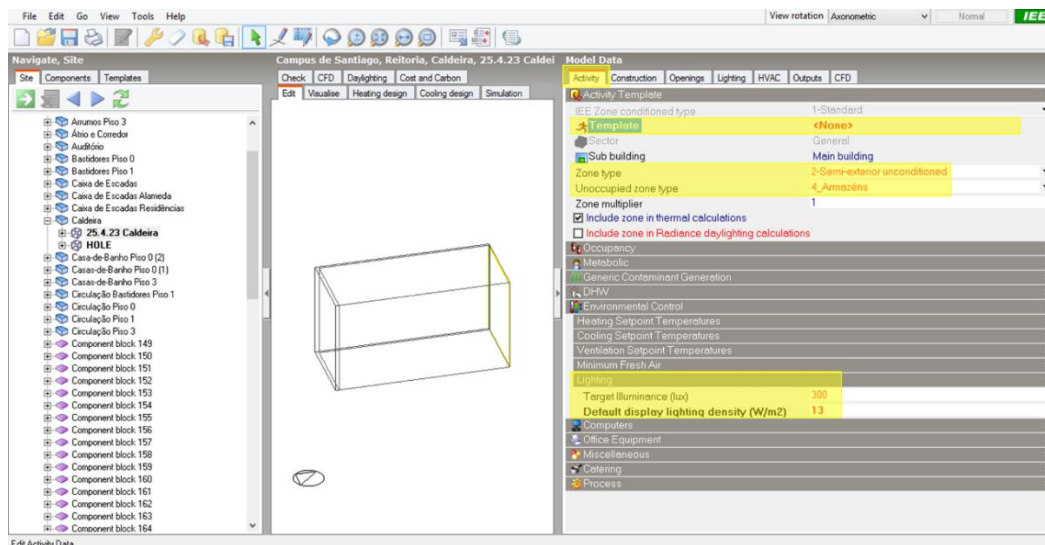


Imagem130 Zona do Modelo de SD com 300 lux

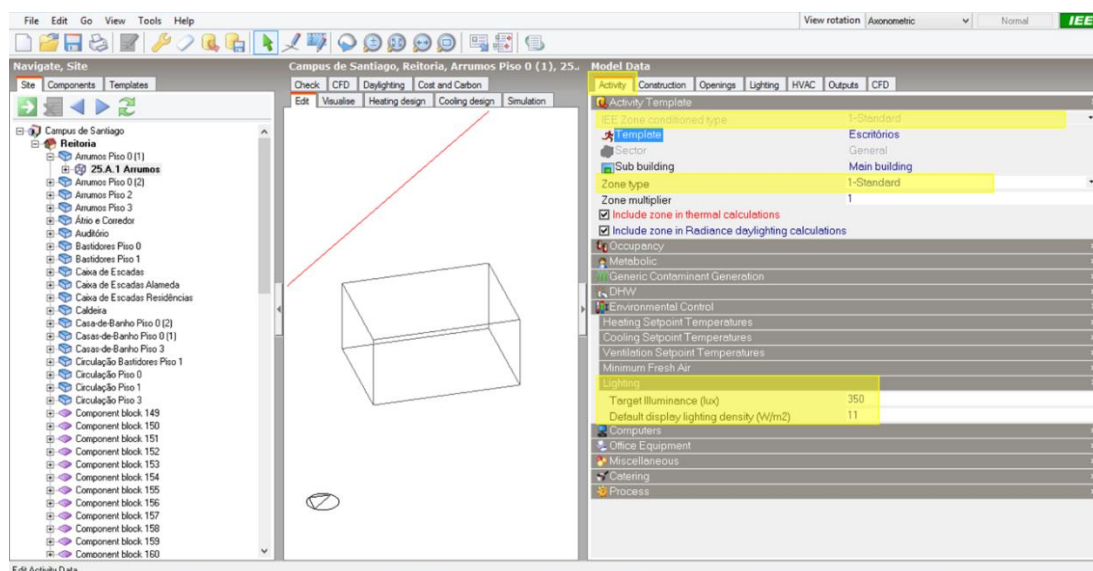


Imagem131 Zona do Modelo de SD com 350 lux

Tendo em conta a informação contida na Imagem 132, a E_m de 350 lux é o nível predominante no edifício Central e da Reitoria estando presente em 86% das zonas existentes. Enquanto 25, 200 e 300 lux só estão presentes em 1, 4 e 9% das zonas existentes, respetivamente.

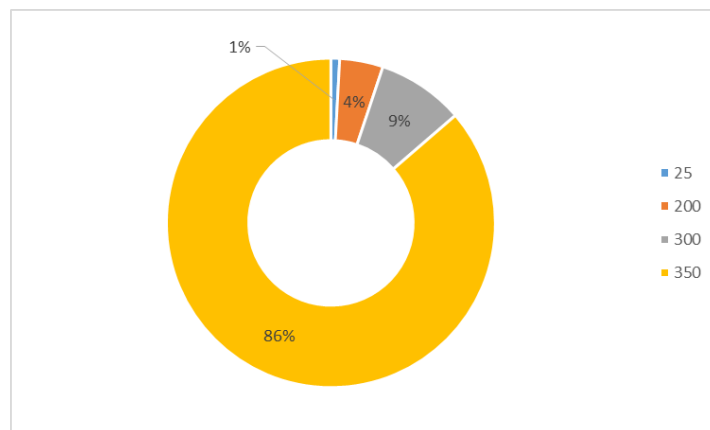


Imagem132 Percentagem Total de Zonas por Nível de E_m (em lux)

É interessante reparar que todos os tipos de lâmpadas existentes têm de garantir, pelo menos uma vez, o nível de E_m predominante, enquanto os menos predominantes são só garantidos por 1 ou 2 dos tipos de lâmpadas. Com a mesma ordem de ideias, os tipos de lâmpadas existentes em maior número garantem, pelo menos uma vez, todos os níveis de E_m aplicados no edifício em análise, enquanto os tipos existentes em menor número só garantem um dos níveis de E_m .

A situação pontual, quanto ao nível de E_m , anteriormente referida caracteriza-se por apresentar 25 lux de E_m . Como pontual que é esta situação, o espaço 25.4.4 33 Circulação é o único do edifício em análise com este nível de E_m (1% da Imagem 132) dada a presença de dois dispositivos para o controlo de iluminação, nomeadamente duas células crepusculares. Esta informação não consta no levantamento, tendo sido facultada pelos SGT. Assim, a zona em questão possui dois equipamentos de controlo de iluminação por disponibilidade de luz natural que só permitem a utilização da iluminação artificial quando o nível de E_m é inferior a 25 lux. A próxima imagem exemplifica a disposição dos equipamentos (*light sensor*) na zona onde se encontram instalados.

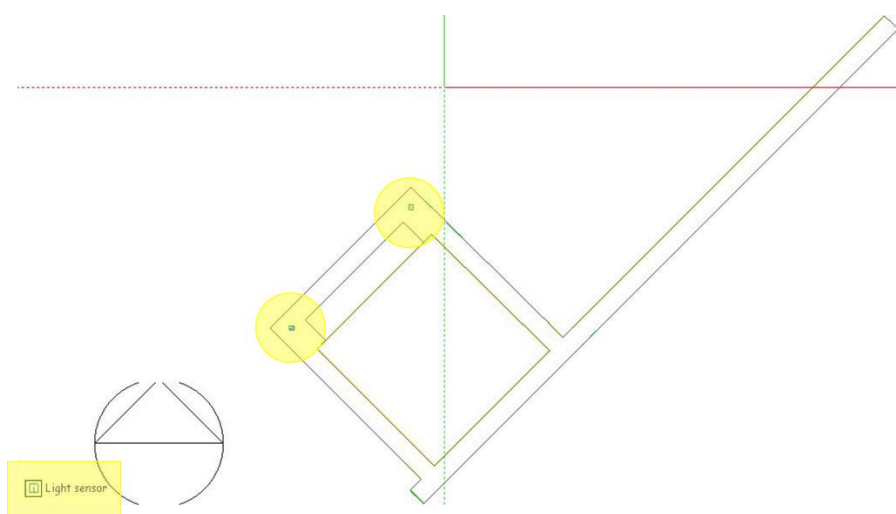


Imagem133 Disposição das Células Crepusculares no Espaço

Conforme a Imagem 134 demonstra, dos 5 pisos gerais existentes o piso 3 apresenta os sistemas com superior potência de iluminação e os pisos -1 e 0 os de menor potência. Assim, ao piso 3 corresponde a potência de 12,43 kW e aos pisos -1 e 0 7,34 e 6,62 kW, respetivamente. A estes valores é acrescida a correspondente parte dos 2,80 kW associados às zonas que são comuns a dois ou mais pisos. O que se acabou de referir também é válido para os pisos 1 e 2.

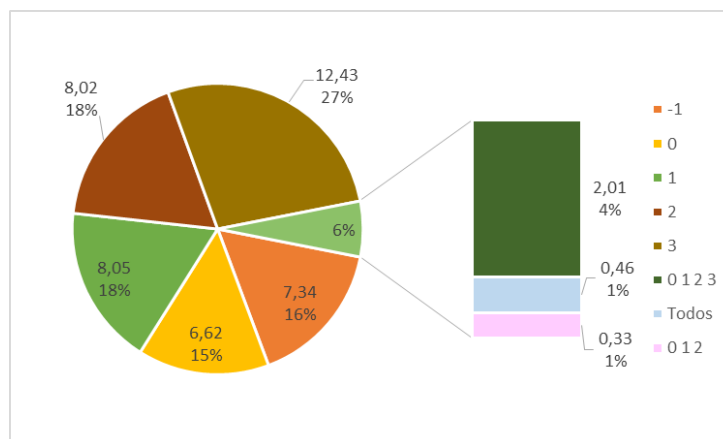


Imagem134 Potência Total de Iluminação por Piso (em kW)

Quanto à DPI, os pisos 3 e -1 permanecem como aqueles que apresentam valores superiores e inferiores, respetivamente. O piso 0 deixa de ser um dos pisos com menores valores, dando lugar ao piso 2 que se junta ao -1 como os pisos com sistemas de iluminação com menores valores de DPI. A estes pisos também acresce a copa parte da DPI associada às zonas comuns a dois ou mais pisos ($52,54 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$); válido também para os restantes pisos. A Imagem 135 ilustra o que foi referido.

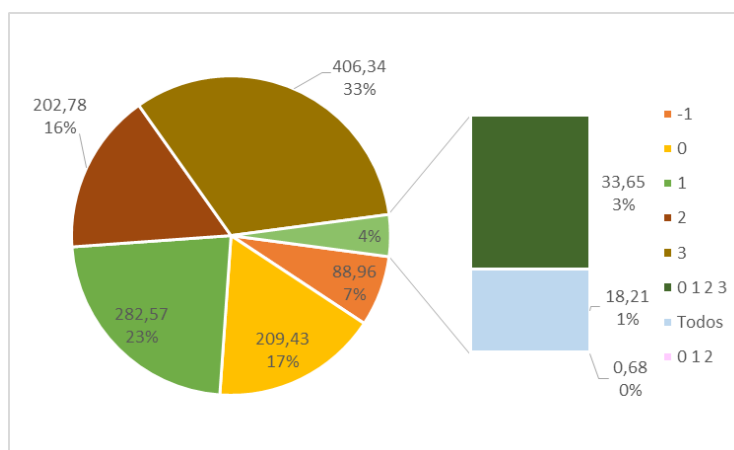


Imagem135 DPI Total por Piso ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)

Dos 5 pisos intermédios, o auditório, que tem um espaço em comum com o piso 1, é aquele que apresenta sistemas de iluminação de superior potência e os pisos 0 e 2 aqueles que possuem sistemas de

menor potência. O piso 3 intermédio, que é onde se encontram 3 das 4 ZNU, não apresenta quaisquer sistemas de iluminação, daí o valor presente na Imagem 136. À semelhança do que foi referido para os 5 pisos gerais do edifício em análise, também aos pisos intermédios é acrescida a correspondente parte dos 0,19 kW associados aos espaços comuns aos pisos 0 e 2 conforme demonstra a Imagem 136. Para que a interpretação dos vários pisos do edifício Central e da Reitoria seja facilitada, no Anexo 8 encontra-se dois esboços que indicam quais são os pisos gerais e quais os intermédios.

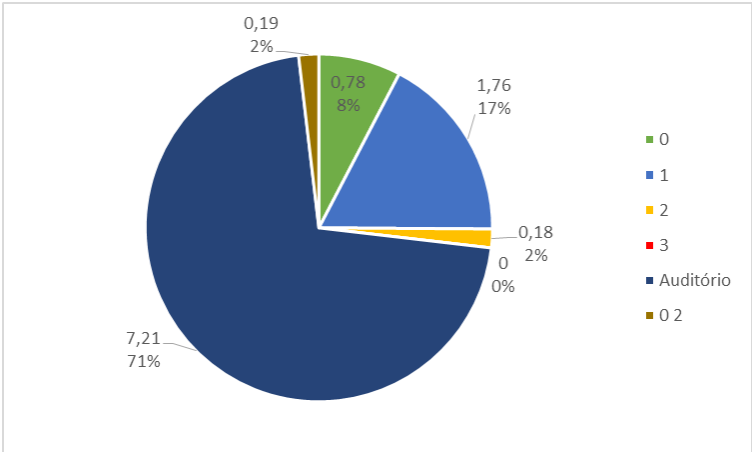


Imagem136 Potência Total de Iluminação por Piso Intermédio (em kW)

Conforme a Imagem 137 ilustra, apesar da elevada potência o piso do auditório só representa 7% da DPI total dos pisos intermédios. Uma vez que a DPI depende também da área, facilmente se percebe que aquele piso que apresenta maior potência de iluminação possa não ser aquele que apresenta a maior DPI, bastando para isso ter uma elevada área. O piso com menor DPI é o piso 2 e com maior o piso 1; 14,06 e 153,16 kW, respetivamente.

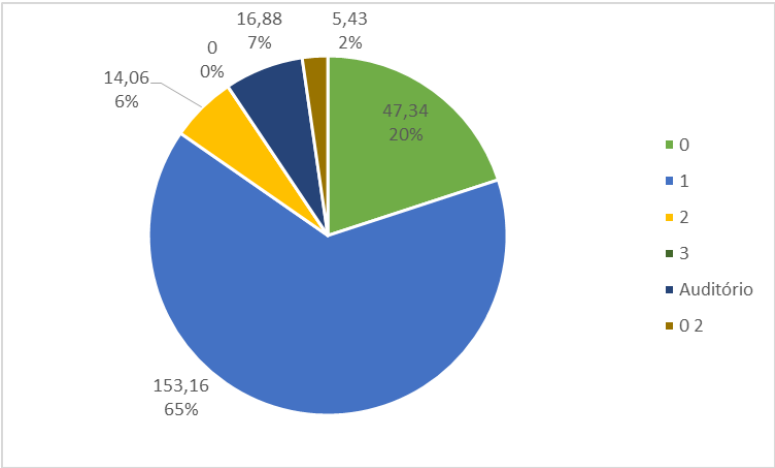


Imagem137 DPI Total por Piso Intermédio (em W/m²)

Na globalidade de pisos (pisos gerais e pisos intermédios), o piso 3 geral é aquele que apresenta superior potência de iluminação e DPI e o piso 2 intermédio aquele que apresenta inferior potência de iluminação e DPI.

As próximas imagens caracterizam os pisos quanto à quantidade e à tipologia das lâmpadas existentes no edifício em estudo. O piso 0 geral é aquele que apresenta maior número de lâmpadas, contudo só possui fluorescentes compactas e tubulares. O piso 3, apesar de não apresentar um número de lâmpadas tão elevado como o piso 0, é dos pisos gerais aquele que possui uma maior variedade de lâmpadas. É curioso que, apesar de o piso 3 ser aquele que apresenta superior potência de iluminação, não é aquele que possui maior número de lâmpadas. Aliás, aquele que possui maior número de lâmpadas é dos pisos que apresenta inferior potência de iluminação. A eficiência luminosa das lâmpadas de halogéneo, presentes no piso 3, permite, mais uma vez, justificar esta situação. Por outra perspetiva, pode-se concluir que as lâmpadas fluorescentes compactas e tubulares se encontram presentes em todos os pisos gerais, enquanto as de halogéneo surgem esporadicamente. Dada a pequena quantidade de lâmpadas de iodetos metálicos existentes no edifício em análise, estas só servem pisos gerais e, dos 5 pisos gerais, só serve três deles. Tal como a Imagem 138 e a Imagem 139 ilustram, só existem lâmpadas incandescentes nos pisos intermédios e, mesmo assim, não em todos eles.

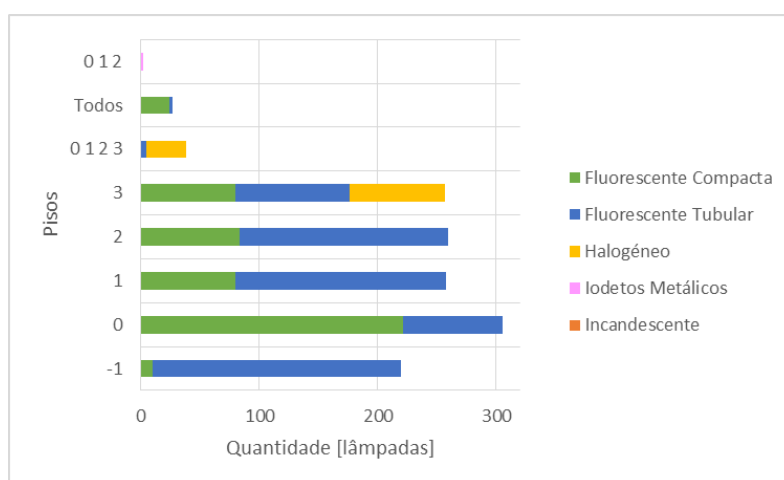


Imagem138 Quantidade Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada e por Piso

Os pisos intermédios não apresentam uma grande variedade de lâmpadas, uma vez que, à exceção do piso 1, cada piso possui um só tipo de lâmpada. O piso do auditório é aquele que apresenta maior número de lâmpadas, contudo só lâmpadas de halogéneo. O piso 1, além de ser o único piso intermédio que apresenta duas tipologias diferentes de lâmpadas, é também o único piso intermédio que possui essas tipologias, nomeadamente fluorescentes tubulares e incandescentes. As lâmpadas fluorescentes compactas só estão presentes nos pisos 0 e 2.

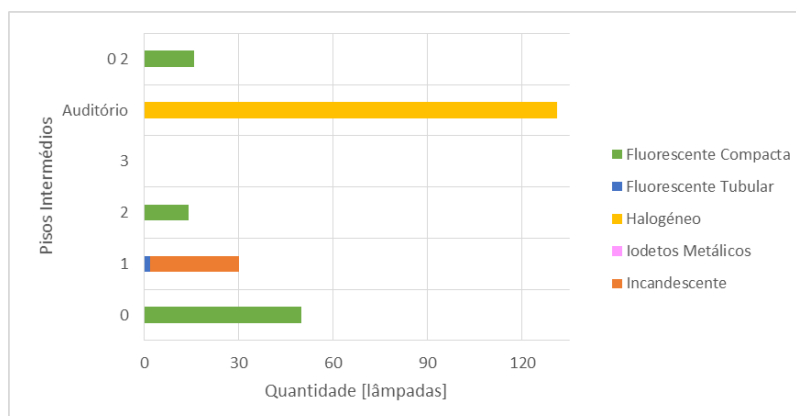


Imagem139 Quantidade Total de Lâmpadas por Tipo de Lâmpada e por Piso Intermédio

As próximas imagens permitem caracterizar os pisos quanto aos níveis de E_m neles praticados. Em todos os pisos o nível de E_m de 350 lux é o mais praticado, sendo, no caso dos pisos intermédios, o único nível praticado. Dos pisos gerais, só os pisos -1, 0 e 3 possuem zonas nas quais existem os restantes níveis de E_m , sendo que 25 lux só no piso 3, 200 lux só nos pisos -1 e 0 e 300 lux nos pisos -1 e 3. Existem zonas em comum com todos os pisos gerais e zonas em comum com todos os pisos gerais à exceção do -1 nas quais também se praticam níveis de 300 lux.

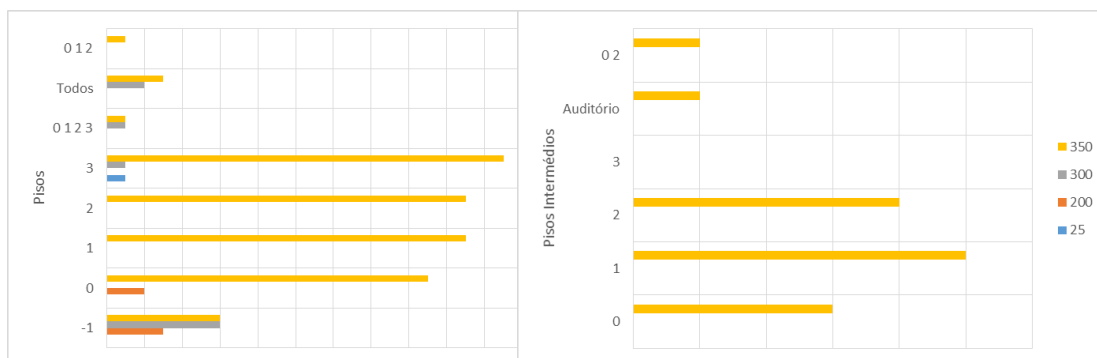


Imagem140 Níveis de E_m por Piso (em lux) Imagem141 Níveis de E_m por Piso Intermédio (em lux)

Antes de concluir esta subsecção, é ainda importante referir que os sistemas de iluminação descritos correspondem só a iluminação interior do edifício Central e da Reitoria. Não foram considerados quaisquer sistemas de iluminação exterior, uma vez que o levantamento nada refere quanto à mesma. Conceitos luminotécnicos das lâmpadas como o Φ (fluxo luminoso), a I (intensidade luminosa) e a eficiência luminosa não foram possíveis caracterizar, dado não estarem presentes no levantamento. Contudo a sua não caracterização não prejudica a SD nem tão pouco a análise do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria, tendo em conta claro toda a informação disponível descrita na presente subsecção.

3.2.6. Outros Sistemas Consumidores de Energia

Outros sistemas consumidores de energia presentes no edifício Central e da Reitoria consistem em equipamentos, em sistemas de preparação de AQS e em elevadores. Também existem sistemas de gestão de energia. Sistemas de produção de energia renovável não estão presentes no edifício em análise. A caracterização dos equipamentos consumidores de energia teve por base os dados disponíveis no levantamento realizado pela entidade independente e exterior. Relativamente aos sistemas AQS e aos elevadores não existe qualquer informação no levantamento, tendo a caracterização dos mesmos resultado da recolha de dados que foram possíveis observar no local e/ou da aplicação de valores presentes na literatura.

Da análise da informação presente no levantamento, rapidamente se percebeu que, na generalidade, a potência dos equipamentos presente em cada uma das zonas do edifício em estudo corresponde a 10 vezes a área de pavimento de cada uma dessas mesmas zonas. Por exemplo, um dos espaços de arrumos do piso 0 (25.A.1 Arrumos) apresenta, segundo o levantamento, uma área de $16,84 \text{ m}^2$ e uma potência de equipamentos de $168,40 \text{ W}$. Tendo em conta a equação (16) do capítulo 2, esta relação entre a área e a potência traduz-se numa densidade de potência de equipamentos igual a $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Posto isto, este valor da densidade de potência é característica transversal a todas as zonas do edifício em análise, à exceção da zona constituída por espaços não úteis de circulação e de arrumos do piso -1 (Espaços Não Úteis) e, claro, de todas as zonas nas quais não existem equipamentos consumidores de energia. Assim, só existem 3 valores para a

densidade de potência de equipamentos: 10, 0,98 e 0 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. As zonas nas quais não existem equipamentos apresentam uma potência e uma densidade de potência de equipamentos nulas. Sendo que, ao todo, existem, no edifício Central e da Reitoria, 18 zonas sem equipamentos consumidores de energia, das quais 4 correspondem às 4 ZNU desse edifício. 10 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ é a densidade presente em todas as zonas do edifício onde existem equipamentos, à exceção da zona constituída por espaços não úteis de circulação e de arrumos do piso -1 (Espaços Não Úteis), na qual a densidade de potência de equipamentos toma o valor de 0,98 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. As potências dos equipamentos existentes nas diferentes zonas do edifício, bem como as densidades de potências dos mesmos, podem consultadas, mais à frente, na subsecção 3.2.7..

Relativamente aos sistemas de produção AQS, no edifício em análise foram possíveis identificar pelo menos 3 sistemas do tipo termoacumuladores elétricos (cilindros). No entanto, destes sistemas só 1 se encontra operacional, tendo-se, assim, desprezado os outros 2 sistemas e modelado só aquele que se encontra em operação. Este sistema encontra-se localizado na zona da copa do piso 0 (25.1.2 Copa), servindo as necessidades de preparação AQS desta zona que são reflexo das atividades executadas na zona do bar do mesmo piso (25.1.25 Bar). Pela observação no local foi possível perceber-se que o termoacumulador apresenta uma capacidade de 50 litros de água (aproximadamente, 0,05 m^3). Não foram possíveis encontrar dados relativos às temperaturas da água, ao aumento de temperatura necessário (ΔT), aos caudais de água, ao consumo (M_{AQS} ou C_{aqs}) e à eficiência do sistema (η_k). No entanto, tal como a Imagem 142 demonstra, foi possível modelar-se o sistema de produção AQS, sem que esta ausência de informação representa-se qualquer obstáculo. Os valores das temperaturas da água e da η_k presentes nesta imagem foram considerados a partir dos valores inseridos por defeito pelo próprio DesignBuilder. Na ausência de dados mais fidedignos, a opção por estes valores mostrou-se ser a melhor alternativa. Quanto ao valor da taxa de consumo ($Consumption\ rate$), também presente nesta imagem, o mesmo foi determinado arbitrando-se que num dia normal de funcionamento se consumiria a total capacidade de água do termoacumulador (50 litros). Assim, o consumo, aproximado, de 5 $\text{l}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{dia})^{-1}$ resulta do quociente entre a capacidade do sistemas de preparação AQS e a área de pavimento do espaço (copa piso 0). Outros dados, relativos à potência do sistema, às perdas estáticas do mesmo (Q_{pr}), bem como relativos à potência de saída efetiva, à classe IEC dos motores elétricos das bombas de circulação e à espessura dos isolamentos das redes de transporte do fluído, não foram possíveis caracterizar ou determinar, porém esta impossibilidade também não demonstrou especial relevância para a modelação dos sistemas de preparação AQS.

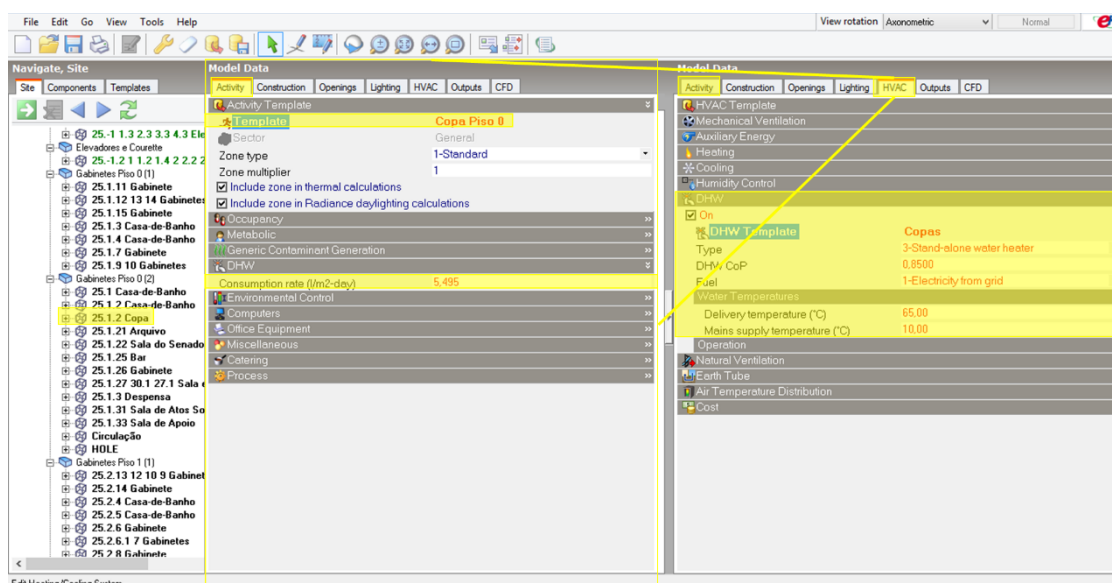


Imagem142 Sistema de Preparação AQS no DesignBuilder

No total, existem 3 elevadores no edifício Central e da Reitoria, não existindo quaisquer escadas/tapetes rolantes. 2 dos elevadores servem 4 dos 5 pisos do edifício e só 1 serve a totalidade de pisos. Os que servem 4 pisos fazem o percurso entre o piso 0 e o piso 3. Junto dos SGTL foi possível confirmar-se que os elevadores não possuem qualquer tecnologia ou solução de *sleep mode* regeneração de energia ou outra, tratando-se de elevadores convencionais. O DesignBuilder não permite modelar os equipamentos/sistemas de elevadores e escadas/tapetes rolantes da mesma forma que permite modelar os sistemas e outros equipamentos já caracterizados no presente capítulo. Assim, a prioridade na caracterização dos elevadores existentes no edifício em análise foi contabilizar o consumo de energia elétrica a eles associados. Posto isto, recorreu-se a literatura e a um simulador *on-line* da ThyssenKrupp Elevator Americas (<https://www.thyssenkruppelevator.com/>). Depois de cruzada a informação recolhida, da literatura consultada, com os dados obtidos pelo recurso ao simulador, percebeu-se que o consumo total anual de energia, associado ao funcionamento de elevadores com as características dos existentes no edifício em análise, tipicamente estaria compreendido entre 9 000 e 10 000 kWh, representando entre 1 a 17 % do consumo total em edifícios. (Barney, 2011; Dr Paul Bannister , Chris Bloomfield, 2011; Nipkow and Schalcher, 2014) Por fim, considerou-se que os elevadores existentes no edifício em análise consumiriam anualmente 9 924 kWh; 4 036 kWh para o elevador que serve os 5 pisos, 2 018 kWh (metade de 4 036 kWh) para um dos elevadores que servem 4 pisos e 3 870 kWh para o elevador restante. Diferenciou-se o consumo devido aos 2 elevadores que servem 4 pisos, uma vez que um deles, dada a sua localização num dos extremos do edifício, é utilizado com menos frequência. (Barney, 2011; Dr Paul Bannister , Chris Bloomfield, 2011; Nipkow and Schalcher, 2014) Antes de concluir, é importante referir que desprezou-se a caracterização da potência absorvida pelos elevadores (P_k), bem como o tempo médio em manobra, a distância percorrida, a carga e a velocidade nominais dos mesmos, dado não representarem especial relevância na metodologia aplicada na modelação destes sistemas consumidores. Também não se caracterizou os elevadores quanto à sua classificação de eficiência energética segundo a norma VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*, em inglês, *Association of German Engineers*). 4703.

Tal como já foi referido existem, no edifício em estudo, sistemas de gestão de energia. Existe, tal como referido na subsecção anterior, um sistema de gestão composto por duas células crepusculares, que atua especificamente no controlo da iluminação artificial da zona de circulação do piso 3 (25.4.4 33 Circulação), em função da iluminação natural dessa zona, e existe um sistema de gestão, mais global e centralizado, que gere os sistemas técnicos responsáveis pela climatização e ventilação do edifício. De acordo com a informação recolhida junto dos SGTL, este sistema permite estipular temperaturas *setpoint* parametrizar horários de funcionamento e perfis de utilização dos vários sistemas técnicos, bem como interromper o funcionamento dos mesmos. Conforme o capítulo anterior refere, os equipamentos e sistemas de gestão de energia são consumidores de energia, nomeadamente energia elétrica, contudo, o consumo associado a este tipo de sistema não tem especial relevância no âmbito do presente projeto.

3.2.7. Padrões de Utilização

Nesta secção serão descritos os padrões ou perfis de utilização do edifício Central e da Reitoria e dos seus componentes, que se baseiam nos dados disponíveis no levantamento realizado pela entidade independente e exterior. Dada a direccionalidade dos desempenhos do edifício e dos seus componentes para os ocupantes ou utilizadores de edifícios, em primeiro lugar será caracterizada a ocupação do edifício em análise e só depois os perfis de utilização.

O edifício Central e da Reitoria possui aproximadamente 628 ocupantes, dos quais 517 regulares e 111 pontuais. Este número de ocupantes divide-se pelas diversas equipas dos serviços de administração, gestão

(onde se incluem os já mencionados SGT), comunicação, imagem e relações públicas sediados no edifício em análise, como também pelos utilizadores que recorrem a estes serviços. Os 628 ocupantes resultam numa densidade de ocupação de 15 ocupantes·m⁻², sendo que aos 517 corresponde 12,81 ocupantes·m⁻² e aos 111 2,21 ocupantes·m⁻². As imagens que se seguem ilustram a distribuição dos 628 ocupantes pelos vários pisos (gerais e intermédios) do edifício Central e da Reitoria.

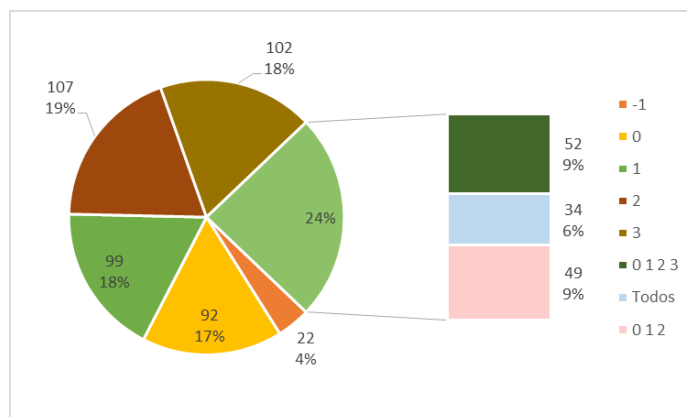


Imagem143 Número Total de Ocupantes por Piso

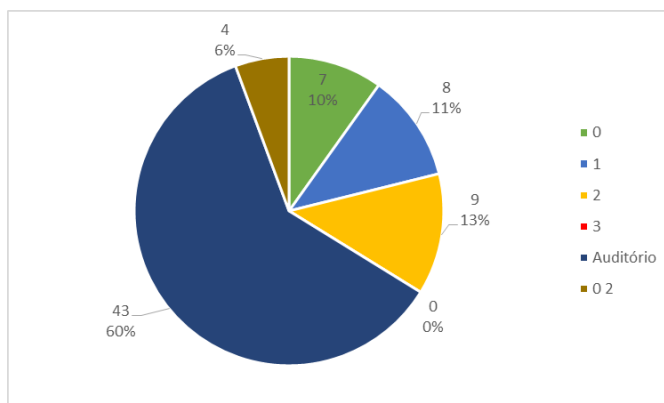


Imagem144 Número Total de Ocupantes por Piso Intermédio

Da análise da Imagem 143 conclui-se que a distribuição dos ocupantes pelos pisos gerais 0, 1, 2 e 3 é aproximadamente uniforme, sendo que o piso 2 é, dos pisos gerais, aquele onde existe superior ocupação. Aos pisos gerais referidos e ilustrados na área circular da Imagem 143 deve-se fazer corresponder a cota parte de responsabilidade pelos valores apresentados na coluna da mesma imagem, que representam o número de ocupantes nas zonas comuns a vários pisos gerais. O piso geral -1 é o que tem menor ocupação. Dos pisos intermédios, tal como ilustra a Imagem 144, o auditório é aquele que apresenta maior número de ocupantes e os pisos 0 e 1 os que apresentam menor número de ocupantes. Aos pisos intermédios 0 e 2 também se deve fazer corresponder o valor representado a castanho na Imagem 144, que consiste no número de ocupantes de espaços comuns a estes pisos intermédios. O piso intermédio 3 não possui qualquer ocupação, uma vez que é neste piso que se encontram 3 das 4 ZNU do edifício em análise.

A densidade de ocupação, tal como descrito na equação (10) da subsecção 2.2.3., depende do número de ocupantes e da área de pavimento de cada zona ou piso ou mesmo do próprio edifício. Assim, a densidade de ocupação mais elevada pode ou não corresponder ao piso que apresenta maior número de ocupantes, dependendo da área do mesmo. A densidade de ocupação por piso pode ser analisada nas próximas imagens.

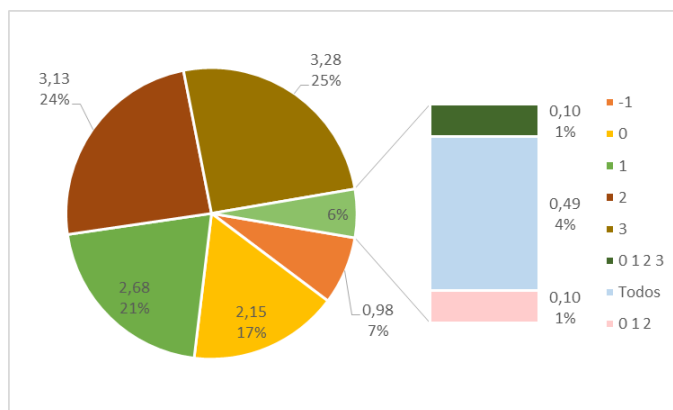


Imagem 145 Densidade de Ocupação por Piso (em ocupantes/m²)

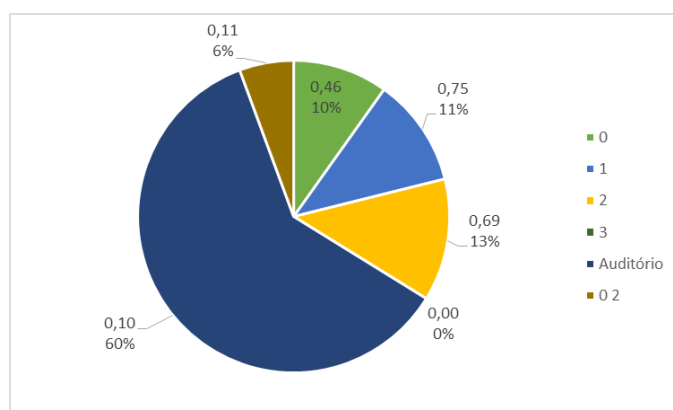


Imagem 146 Densidade de Ocupação por Piso Intermédio (em ocupantes/m²)

Da análise comparativa da Imagem 143 com a Imagem 145, verifica-se que o piso com o número de ocupantes mais elevado não é aquele que apresenta superior densidade de ocupação, como também uma inversão da ordem de grandeza dos valores representados pela coluna da Imagem 145. Estas alterações devem-se ao fato de o número elevado de ocupantes por piso ser acompanhado por áreas de pavimento dos mesmos igualmente elevadas, resultando assim menores densidades de ocupação. Da análise comparativa da Imagem 144 com a Imagem 146, percebe-se que o peso de cada piso intermédio se mantém, ou seja, a relação do número de ocupantes com a área de pavimento de cada piso é semelhante em todos os pisos intermédios. Se se analisar zona a zona, é possível verificar-se que à zona com maior número de ocupantes não corresponde a maior densidade de ocupação. O maior número de ocupantes por ZT, conforme a Imagem 147 demonstra, corresponde a 52 ocupantes e é característica única e pontual da zona de circulação comum aos pisos 0, 1, 2 e 3 gerais (25.1.5 6 A.2 4 Circulação), a verde na coluna da Imagem 143. Tal como se pode verificar pela análise da Imagem 147, os casos em que o número de ocupantes por ZT é superior ou igual a 7 ocupantes são ocorrências pontuais, sendo mais frequente um número inferior a 7 ocupantes.

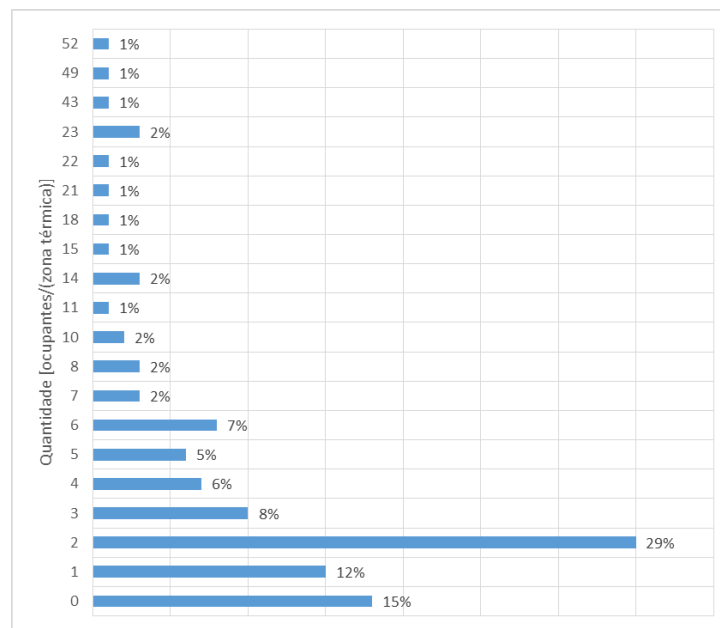


Imagem147 Número de Ocupantes por Zona Térmica

A densidade de ocupação máxima por ZT tem o valor de 0,51 ocupantes·m⁻² e, à semelhança do número máximo de ocupantes por ZT, é característica única e pontual da zona de arrumos do piso 2 (25.3.2 Arrumos). Este valor é representativo da presença de 1 ocupante em, aproximadamente, 2 m² e, no entanto, é o valor máximo da densidade de ocupação por ZT presente no edifício em análise. Entre o número de ocupantes e a densidade de ocupação, este último parâmetro é dos dois aquele que, no âmbito da SD, se introduz no programa. Os campos onde se devem introduzir o valor deste parâmetro em cada zona encontram-se representados na Imagem 148, um no próprio *template* de atividade e o outro no separador de atividade (*activity tab*).

A ocupação do edifício Central e da Reitoria manifesta-se segundo os perfis ou padrões que serão agora descritos. Relembrando o que foi referido no capítulo anterior, os serviços que determinado edifício de comércio e de serviços oferece vão inevitavelmente influenciar a atividade e o comportamento dos ocupantes e/ou utilizadores desse mesmo edifício e, em cadeia, a ação destes usuários reflete-se na operação dos componentes de edifícios existentes. Os perfis de ocupação e de utilização foram essencialmente determinados tendo em conta o tipo de serviços oferecidos pelo edifício em análise. Segundo o levantamento, ao edifício Central e da Reitoria corresponde a tipologia estabelecimento de ensino superior no âmbito do RSECE (2006). No entanto, após a análise crítica de todos os dados caracterizadores da operação do edifício em análise (horários de funcionamento, tipologia das zonas existentes, propósito do edificado, etc.) optou-se pela tipologia edifício de escritórios. Os tipos de serviços prestados no edifício em causa (administração, gestão, comunicação, imagem e relações públicas), a inexistência de salas de aula e em contrapartida a abundância de gabinetes foram os principais fatores de peso na tomada de decisão pela tipologia edifício de escritórios. Assim os perfis de ocupação vigentes no edifício em análise resultaram da recolha de dados do levantamento, bem como junto dos SGTL, e do cruzamento destes com a tipologia do edifício. Existem 5 perfis de ocupação, 2 de segunda a domingo, outros 2 de segunda a sexta-feira e 1 uma vez por semana. A maioria destes perfis têm por base os *schedules* no âmbito do RSECE associados ao *template* de atividade “Escritórios”, que o próprio *software* SD DesignBuilder disponibiliza. A Imagem 148 exemplifica o que foi referido.

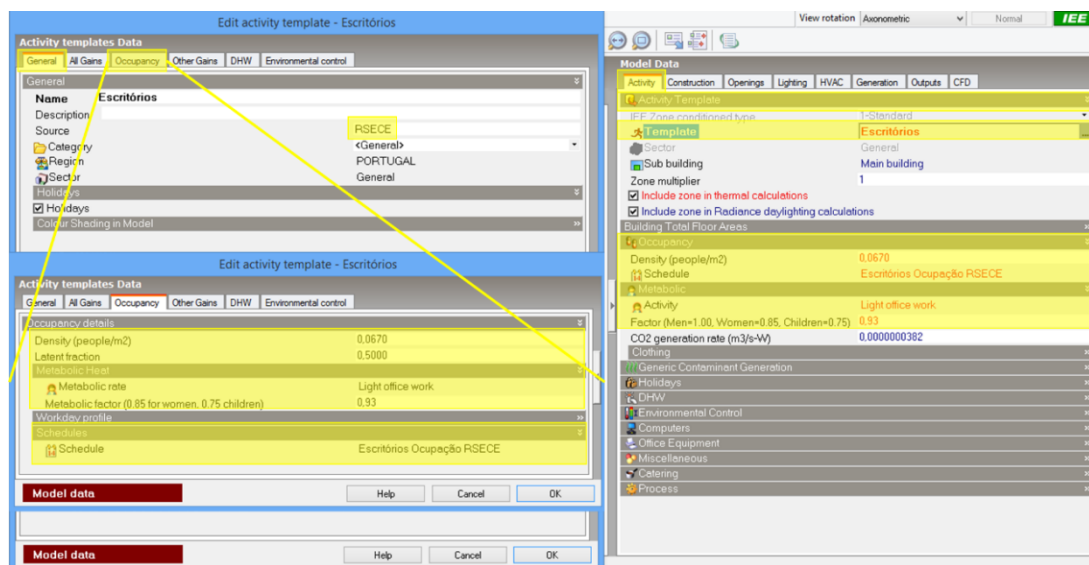


Imagem148 Caraterização de ocupação no DesignBuilder

A Imagem 149 e a Imagem 150 descrevem o perfil de ocupação de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas, que, tal como descrito no campo tipologia de atividade dos espaços presente no levantamento, tem por base o *template* de atividade “Armazéns_9 horas/dia (todos os dias)” no âmbito do RSECE. Este perfil de ocupação é característica única e pontual da zona constituída por espaços não úteis de circulação e de arrumos do piso -1 (Espaços Não Úteis) e estabelece que em todos os dias do ano entre as 09:00 e as 18:00 horas a percentagem de ocupação dessa zona é de 100%. Ou seja, em todos os dias do ano entre as 09:00 e as 18:00 horas existe sempre uma densidade de ocupação de 0,01 ocupantes·m⁻². Esta uniformidade da ocupação pode-se justificar pela proximidade com o estacionamento, as centrais de segurança e o exterior do edifício. Durante os períodos de maior tráfego humano nos dias úteis, a proximidade com o estacionamento e o exterior do edifício tornam-se fatores que influenciam significativamente a constante ocupação desta zona. Nos restantes períodos e tal como mais à frente será detalhado, a proximidade com as centrais de segurança influenciam a frequente movimentação de ocupantes (seguranças) nesta zona.

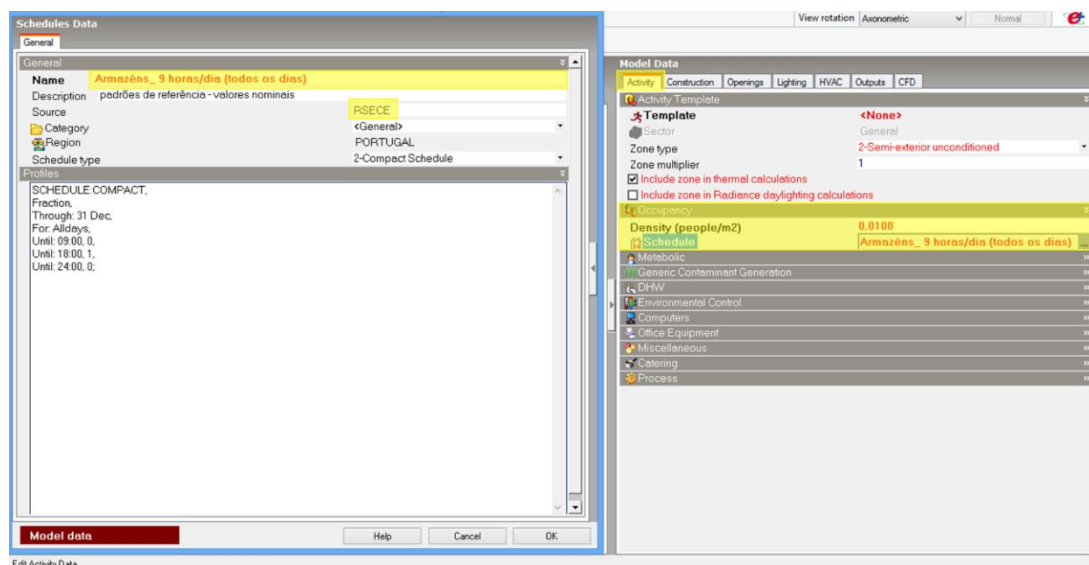


Imagem149 Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 no DesignBuilder

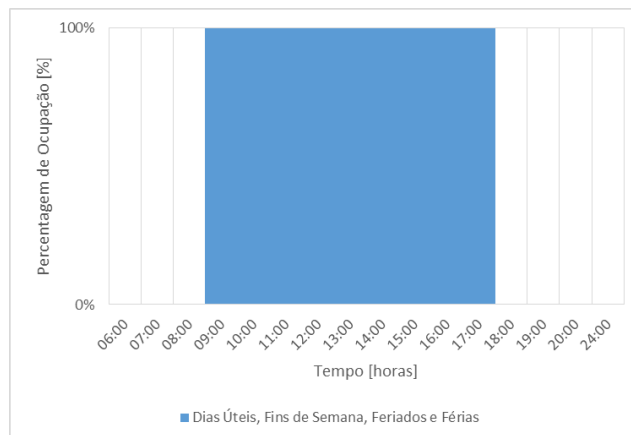


Imagem150 Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas

Tal como a Imagem 151 demonstra, associado ao *template* de atividade “Armazéns_9 horas/dia (todos os dias)” no âmbito do RSECE o *schedule* da ocupação traduz-se num perfil de segunda a sábado e não de segunda a domingo. Contudo, tendo em conta o que é referido no levantamento considerou-se que, ao contrário do estabelecido no *template* de atividade, a ocupação da zona de espaço não úteis do piso -1 ocorre de segunda a domingo.

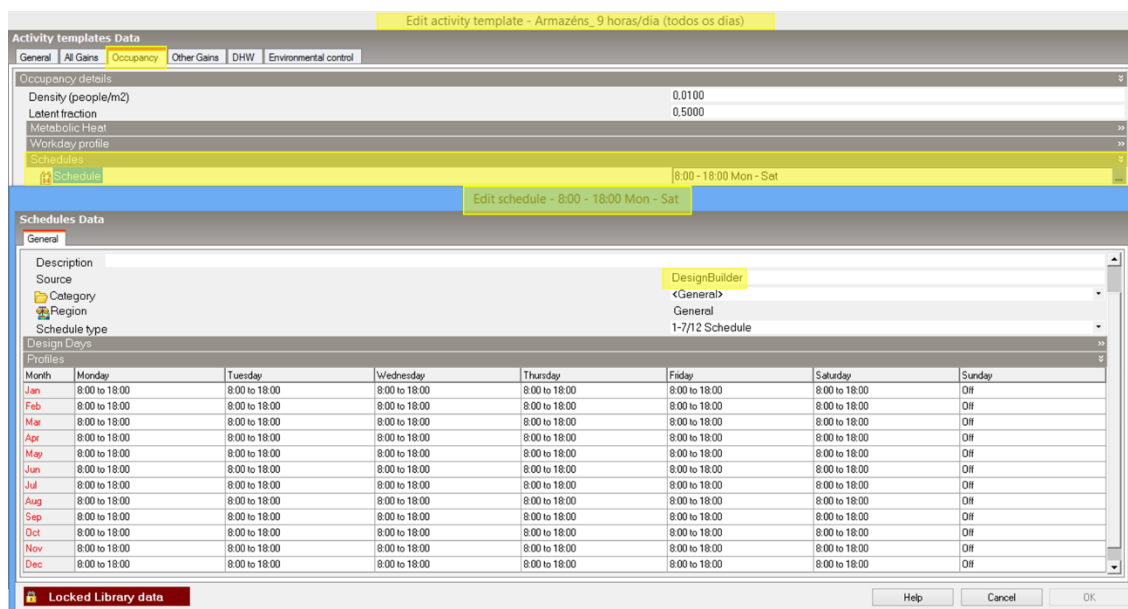


Imagem151 o

A Imagem 152 e a Imagem 153 descrevem o perfil de ocupação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas, que tem por base o *schedule* “Escritórios Ocupação RSECE” (Imagem 148). Este perfil de ocupação é característica única e pontual da zona de centrais de segurança do piso -1 (25.-1.1 2 Centrais de

Segurança) e estabelece que, tal como descrito no levantamento, em todos os dias do ano 24 horas por dia existe ocupação nessa zona, com as percentagens de ocupação indicadas nas imagens.

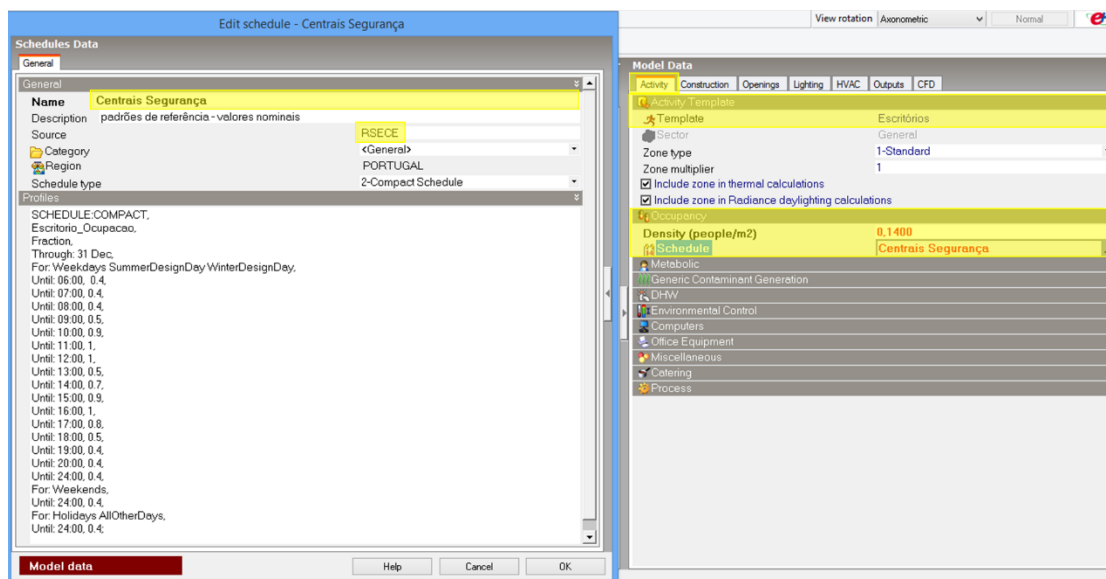


Imagem152 Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas

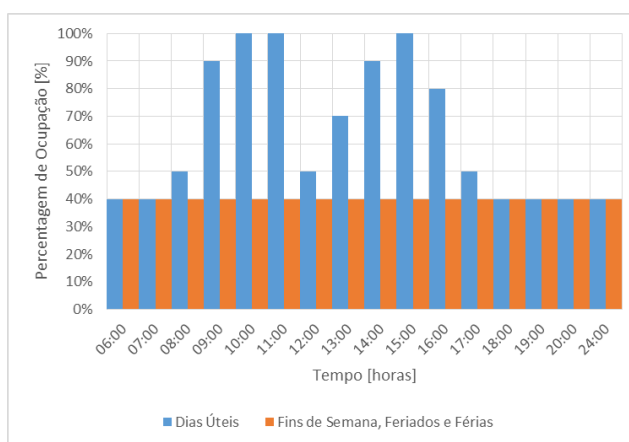


Imagem153-Perfil de Ocupação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas

Como mais à frente se irá verificar, o presente perfil de ocupação é muito semelhante ao perfil que se segue. Os períodos em que a ocupação difere entre estes perfis são nos fins de semana, feriados e férias, como também nos dias úteis entre as 18:00 e as 08:00 horas. Nestes períodos o presente perfil apresenta uma percentagem de ocupação de 40%, enquanto o perfil que se segue apresenta percentagens inferiores a 40% e até mesmo percentagens nulas nesses mesmos períodos. A introdução da percentagem referida nos períodos referidos foi a solução encontrada para representar o perfil de ocupação das centrais de segurança, que se caracteriza por apresentar ocupação todos os dias, 24 horas por dia. Assim, considerou-se que nos dias úteis entre as 18:00 e as 08:00 horas, nos fins de semana, feriados e férias a zona de centrais de segurança possui um total de 2 ocupantes, o que se traduz numa densidade de ocupação de $0,05 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$.

A Imagem 154 e a Imagem 155 descrevem o perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 06:00 às 20:00 horas, que consiste no *schedule* “Escritórios Ocupação RSECE” (Imagem 148). Este perfil de ocupação é o mais comum dos 5 perfis e estabelece que, tal como descrito no levantamento, em todos os dias úteis entre as 06:00 e as 20:00 horas existe ocupação nas zonas que o mesmo caracteriza, com as percentagens de ocupação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a ocupação é mais significativa situa-se entre as 08:00 e as 18:00 horas. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer ocupação nas zonas que o perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 06:00 às 20:00 horas representa.

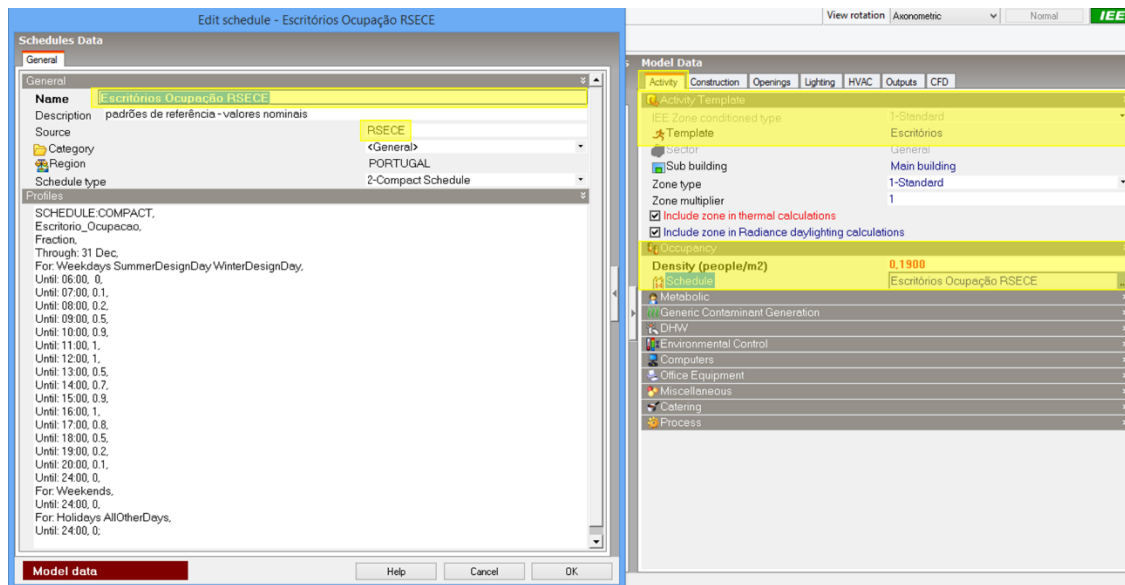


Imagem154 Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta das 06:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder

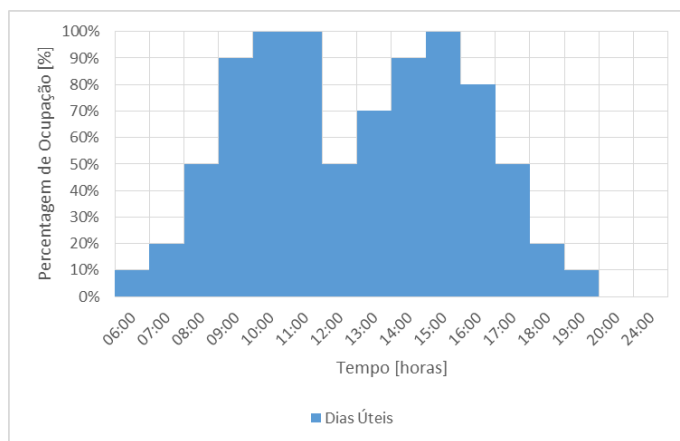


Imagem155 Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta das 06:00 às 20:00 Horas

A Imagem 156 e a Imagem 157 descrevem o perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas, que tem por base o *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito do RSECE. Este perfil de ocupação é característica única e pontual da zona do bar do piso 0 (25.1.25 Bar) e

estabelece que em todos os dias úteis entre as 08:00 e as 18:00 horas a percentagem de ocupação dessa zona é de 100%. Ou seja, em todos os dias úteis entre as 08:00 e as 18:00 horas existe sempre uma densidade de ocupação de 0,11 ocupantes-m⁻². Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer ocupação na zona que o perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas representa. No caso específico desta zona, foi possível conceber o seu perfil de ocupação tendo em conta o que foi possível observar no local. Assim, a presença constante de 8 ocupantes nesta zona durante os períodos de maior tráfego humano pode-se justificar pela presença de 1 funcionário ou funcionária do bar e de 7 clientes, enquanto nos períodos de menor tráfego pode-se justificar pela presença de 2 ou 3 funcionários ou funcionárias, que no período anterior se encontravam na copa ou na despensa (zonas anexas ao bar), e 6 ou 5 clientes.

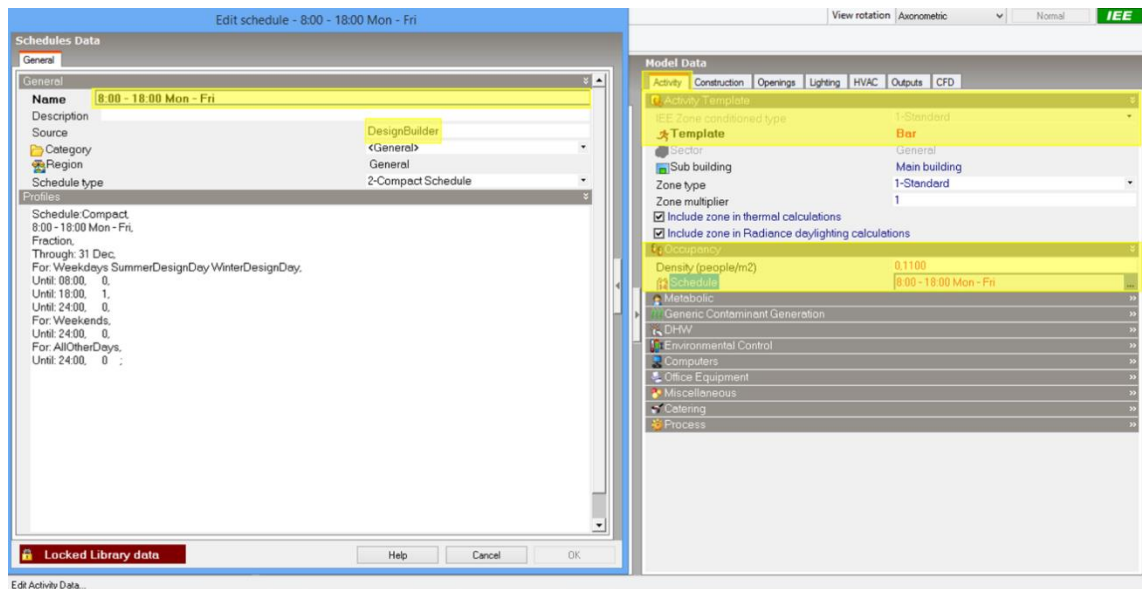


Imagem156 Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder

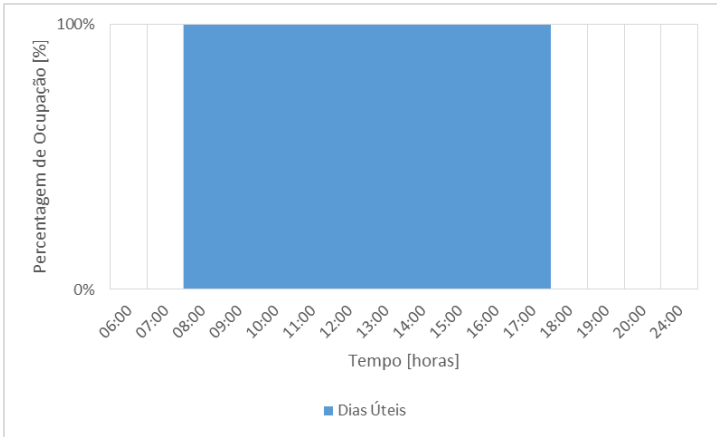


Imagem157 Perfil de Ocupação de Segunda a Sexta das 08:00 às 18:00 Horas

Ao *template* de atividade, que o presente perfil de ocupação teve por base, correspondem *schedules* que têm por fonte o DesignBuilder, apesar desse *template* ser no âmbito do RSECE. Tal como a Imagem 158 demonstra, associado ao *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito do RSECE o *schedule* da ocupação traduz-se num perfil de segunda a sábado e não de segunda a sexta-feira. Contudo, foi possível observar no local que, ao contrário do estabelecido no *template* de atividade, a ocupação do bar ocorre de segunda a sexta-feira. Após introduzidas as alterações associadas às características da zona do bar, denominou o *template* de atividade de “Bar”.

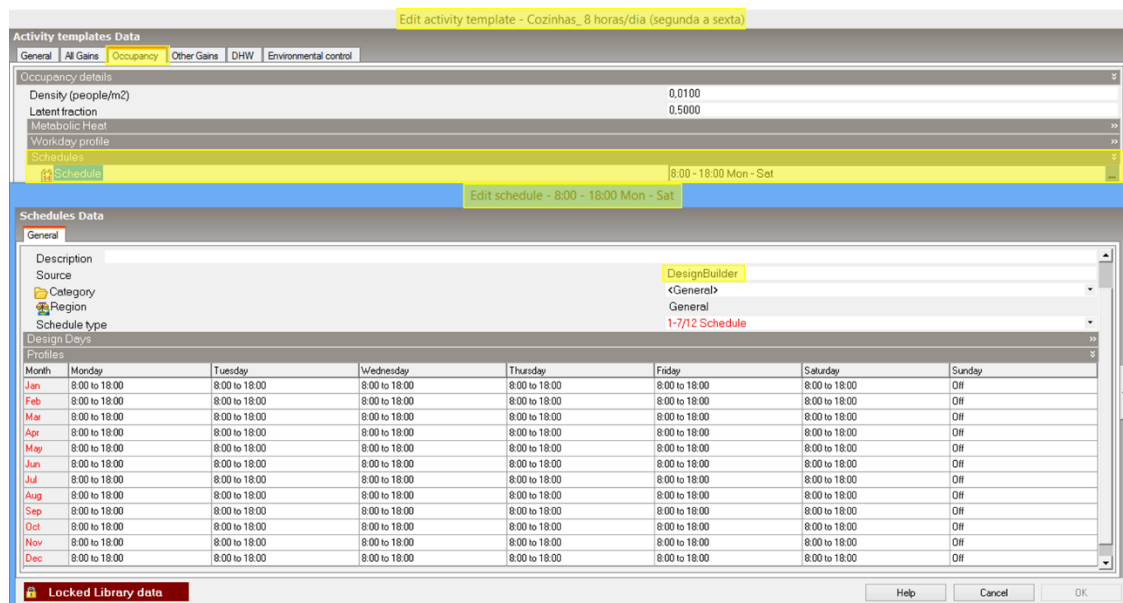


Imagem158 o

Por fim, a Imagem 159 e a Imagem 160 descrevem o perfil de ocupação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas, que tem por base o *schedule* “Escritórios Ocupação RSECE” (Imagem 148). Este perfil de ocupação caracteriza as zonas do edifício Central e da Reitoria que apresentam uma ocupação ocasional e irregular. Dessas zonas destacam-se o auditório (piso intermédio) e as salas do senado, de tradução (cabines de tradução incluídas) e atos solenes do piso 0, porém outras zonas acabam por ser influenciadas e apresentam também este perfil de ocupação. Assim, associadas ao auditório também a zona de arrumos do piso intermédio 0 (25.A.1 Arrumos), todas as zonas dos pisos intermédios 1 (25.2.A.7.1 2 5 6 Camarins e 25.2.A.7.3 4 Casa-de-Banho) e 2 (25.2.A.6.2 Arrumos, 25.2.A.6.3.5 4 3 2 1 Cabines de Tradução e Reggie e 25.2.A.6.3.6 Gabinete), inclusive a zona de circulação em comum com os pisos intermédios 0 e 2 (25.A.6 2.A.6 6.3 Circulação), apresentam o presente perfil de ocupação. Associadas à sala de atos solenes, também a sala de apoio do piso 0 (25.1.33 Sala de Apoio) e dois dos espaços de casa de banho do piso 0 (25.1 1.2 Casas-de-Banho) apresentam este perfil. Posto isto, este perfil de ocupação estabelece que uma vez por semana, só em dias úteis, entre as 13:00 e as 20:00 horas existe ocupação nas zonas que o mesmo caracteriza, com as percentagens de ocupação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a ocupação é mais significativa situa-se entre as 13:00 e as 18:00 horas. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer ocupação nas zonas que este perfil de ocupação representa. Portanto, do *schedule* “Escritórios Ocupação RSECE” manteve-se o perfil de ocupação dos períodos de fins de semana, feriados e férias, bem como as percentagens de ocupação nos dias úteis das 13:00 às 24:00 horas. Para que a ocupação das várias

zonas caracterizadas pelo presente perfil não fosse simultânea, para cada uma das zonas principais (auditório e as salas do senado, tradução e atos solenes) foi selecionado, em cada mês do ano, um diferente dia útil da semana para que exista ocupação. Por exemplo, no caso do auditório considerou-se que em janeiro existe ocupação todas as segundas-feiras desse mês, em fevereiro todas as terças-feiras e sempre nesta lógica para os restantes meses. No caso da sala do senado, considerou-se que em janeiro existe ocupação todas as terças-feiras, em fevereiro todas as quartas-feiras e sempre assim. No caso das salas e cabines de tradução e da sala de atos solenes, considerou-se que o dia útil da semana com ocupação seria o mesmo para ambas as zonas. As restantes zonas são caracterizadas pelo perfil das zonas principais a que estão associadas. É importante salientar que esta metodologia tem repercussões nos restantes perfis caracterizadores destas mesmas zonas, fruto da influência da ocupação na operação do edifício e dos seus componentes, e, portanto, ao longo da descrição dos mesmos é visível a reprodução da lógica metodológica aqui descrita.

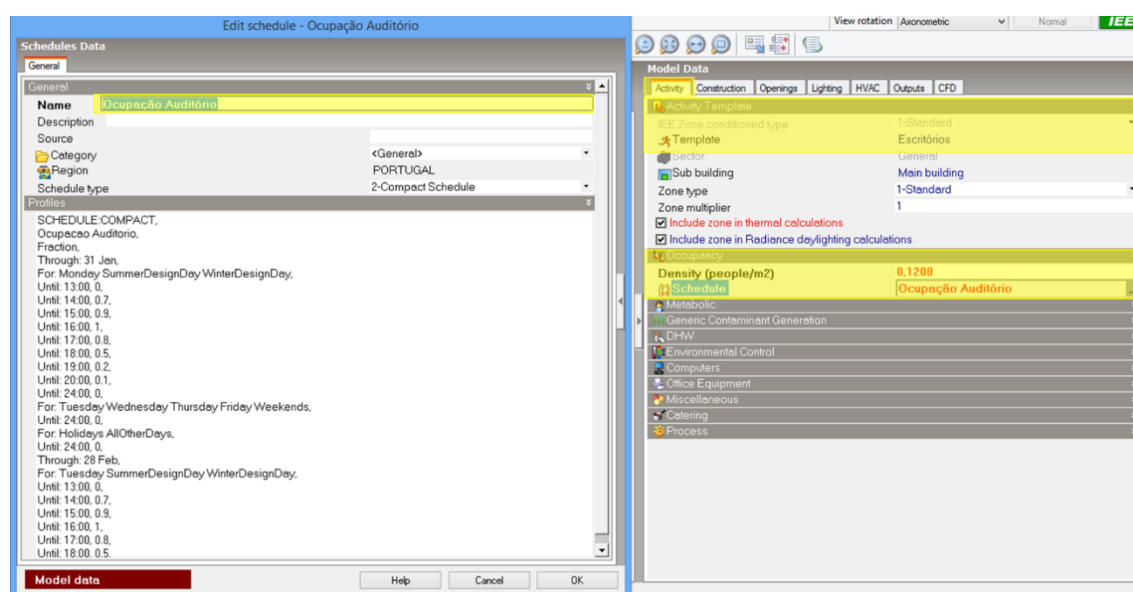


Imagem159 Perfil de Ocupação Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder

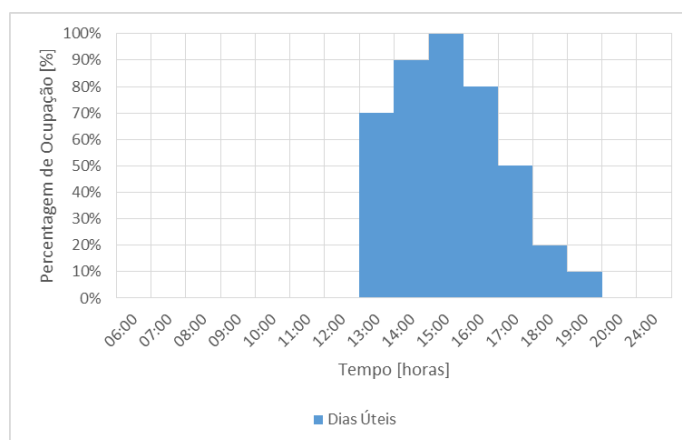


Imagem160 Perfil de Ocupação Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas

Para concluir a caracterização da ocupação do edifício Central e da Reitoria, falta descrever o tipo de atividade executada pelos ocupantes do edifício e a consequente M (taxa de metabolismo) dos mesmos. Estes parâmetros não fazem parte do levantamento e, portanto, na maior parte das zonas ou espaços foram adotados os valores que por defeito o programa de SD atribui tendo em conta o *template* de atividade selecionado, que como já se referiu foi, principalmente, o “Escritórios”. Na Imagem 161 podem-se ver os campos do programa de SD destinados à caracterização destes parâmetros, que, à semelhança dos campos da densidade de ocupação, se encontram no *template* de atividade e no separador de atividade. A Imagem 161 também demonstra um outro parâmetro, o fator de metabolismo. Este fator é multiplicado pela M por pessoa associada à atividade selecionada (no DesignBuilder em $W \cdot \text{pessoa}^{-1}$) e maioritariamente toma o valor de 0,93, que se encontra compreendido entre aqueles que representam ocupantes do género masculinos (1) e do género feminino (0,85). A Imagem 161 demonstra o que foi referido, como também as categorias das atividades disponibilizadas pelo programa de SD.

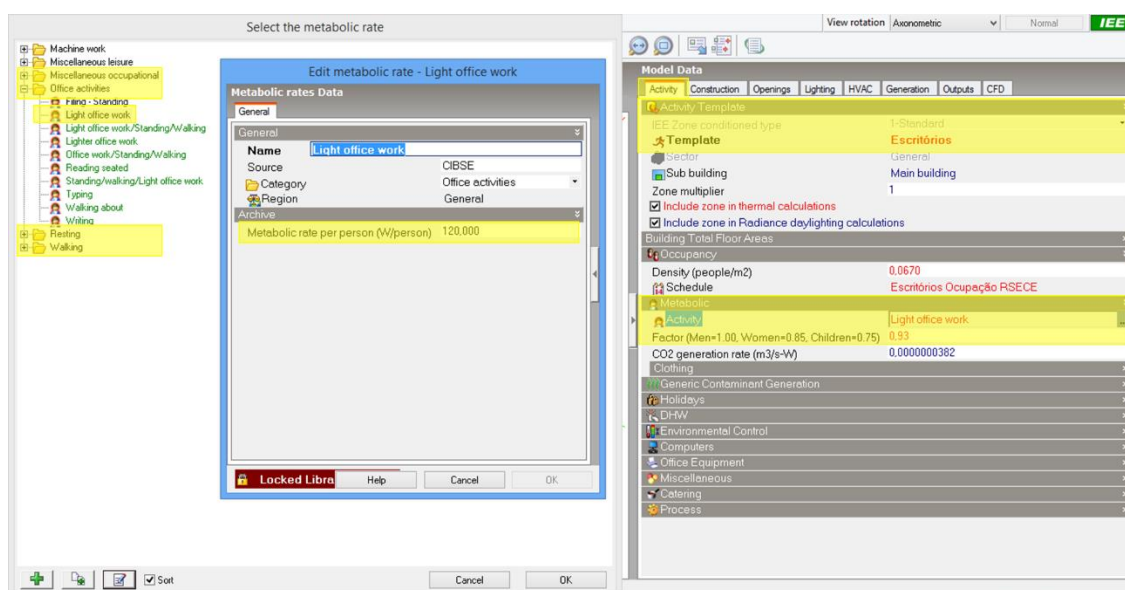


Imagem161 Caracterização do Metabolismo dos Ocupantes DesignBuilder

No modelo de SD do edifício em análise considerou-se 8 tipologias de atividade diferentes: arquivar, caminhar, comer/beber, em pé/caminhar, sentado, trabalho de escritório/em pé/caminhar, trabalho leve de escritório e trabalho leve de escritório/em pé/caminhar. Estas atividades pertencem às categorias assinaladas na Imagem 161, sendo a mais comum a atividades de escritório (*office activities*). A atividade mais frequente é a trabalho de escritório/em pé/caminhar. Pela mesma ordem em que foram aqui mencionadas, a estas atividades correspondem os seguintes valores de M: 144, 180, 110, 140, 108, 127, 120 e 123 $W \cdot \text{pessoa}^{-1}$. A unidade principal de M é o “met” e um 1 met é, aproximadamente, equivalente a 100 W por 1,7 m² de superfície corporal. (Martins, Nelson, 2008d) Assim, tendo em conta que o DesignBuilder considera uma área de superfície corporal 1,8 m², pode-se facilmente converter os valores de M para “met”. (DesignBuilder, 2014g) Para se calcular a M de cada zona, primeiro deve-se multiplicar o fator de metabolismo pelo valor de M associado à atividade executada pelos ocupantes da e na zona em questão e depois pelo número de ocupantes dessa mesma zona. Pode-se ainda seguir a conversão de $W \cdot m^{-2}$ para met. Seguindo esta metodologia, a M total presente no edifício Central e da Reitoria toma o valor de 84,86 kW por 628 ocupantes ou 135,13 $W \cdot \text{ocupante}^{-1}$, que é equivalente a 799,08 met. Não foi possível caracterizar a ocupação do edifício

em análise quanto à idade e ao género dos seus ocupantes, contudo esta impossibilidade não representa especial relevância para o presente projeto e de certa forma estes parâmetros são considerados no fator de metabolismo do programa de SD.

Tal já foi mencionado no capítulo anterior, os perfis ou padrões de ocupação influenciam os perfis de utilização do edifício e dos seus componentes. Na caracterização que se segue pode-se verificar essa influência.

A recolha de dados do levantamento, bem como junto dos SGTL, e o cruzamento destes com a tipologia do edifício permitiram a caracterização dos perfis de ocupação, que por sua vez possibilitou a conceção dos perfis de operação de aberturas vigentes no edifício em análise, bem como dos seus dispositivos de proteção solar, quando existentes. Existem 4 perfis de operação de aberturas, 3 que caracterizam o funcionamento das portas interiores e 1 que caracteriza o funcionamento das janelas interiores, e existe 1 perfil de operação de dispositivos de proteção solar. As aberturas exteriores não serão caracterizadas quanto à sua operação, uma vez que no âmbito do programa de SD utilizado essa operação se encontra relacionada com a VN (ventilação natural), não sendo possível caracterizar o funcionamento de portas e janelas exteriores de forma independente. (DesignBuilder, 2014h, 2014i) Todos estes perfis têm por base os perfis de ocupação anteriormente caracterizados, uma vez que a operação de aberturas é de uma forma geral dependente dos ocupantes do edifício em análise. A Imagem 162 e a Imagem 163 descrevem o perfil de operação de portas interiores de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas, que tem por base o perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 06:00 às 20:00 horas. É importante lembrar que só foram consideradas portas interiores em zonas ou espaços nos quais só exista ventilação de extração (casas-de-banho principalmente), portanto o número de zonas com portas interiores é um número reduzido. Este perfil, à semelhança do perfil de ocupação no qual se baseia, é o mais comum dos 3 perfis de operação de portas interiores e estabelece que em todos os dias úteis entre as 08:00 e as 18:00 horas a percentagem de funcionamento das portas interiores é de 5%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer operação de portas interiores nas zonas que o presente perfil de funcionamento representa. Os perfis de operação de portas interiores definidos no programa de SD só fornecem a informação de que em determinado período existe ou não operação desses elementos. É o campo “% Time door is open” no separador *opening* que estabelece qual o tempo médio em que as portas interiores se encontram abertas. (DesignBuilder, 2014h) Assim, das 10 horas de operação estabelecidas pelo presente perfil só 5% desse tempo consiste em tempo no qual as portas interiores se encontram abertas, que corresponde a 3 minutos por hora ou 30 minutos no total das 10 horas. Posto isto, do perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 06:00 às 20:00 horas manteve-se a caracterização dos períodos de fins de semana, feriados e férias, tendo sido alterada a caracterização dos dias úteis. Esta alteração consistiu em modificar para 0 ou para 1 a fração de ocupação, agora fração de operação de portas interiores, daqueles intervalos de tempo (em horas) que apresentavam uma fração inferior a 0,5 ou igual ou superior a 0,5, respetivamente. O campo “% Area door opens” no separador *opening* estabelece qual a área das portas interiores que se abre relativamente à área total durante o tempo em que as portas são abertas. (DesignBuilder, 2014h) Este campo é também importante para os perfis de funcionamento, uma vez que caso tome o valor de 0% irá significar que as portas nunca são abertas. Para o presente perfil de operação das portas interiores, este campo toma o valor de 50%.

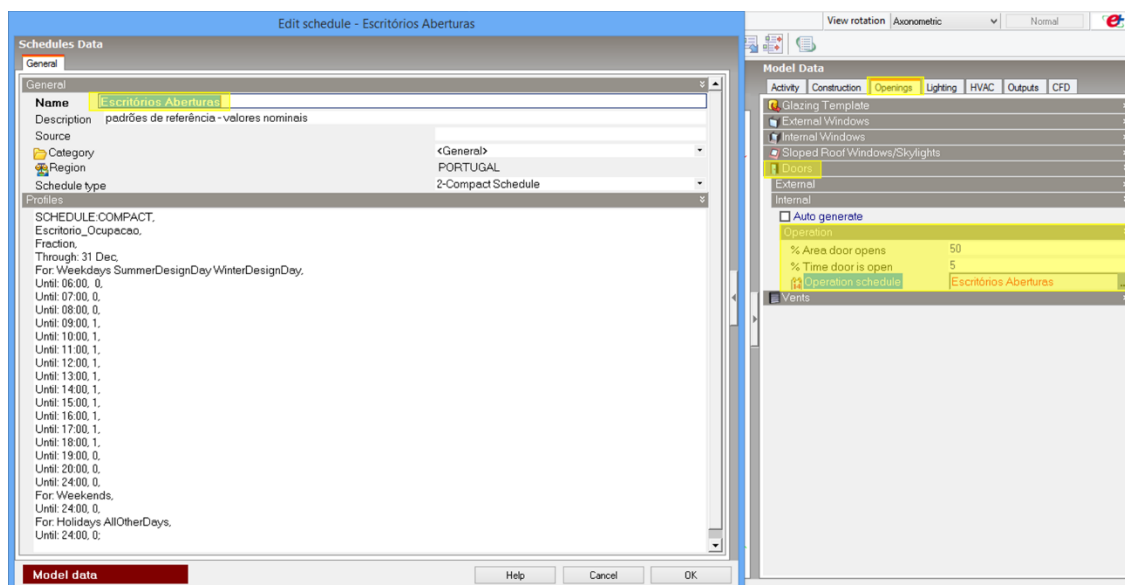


Imagem162 Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda-Feira das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder

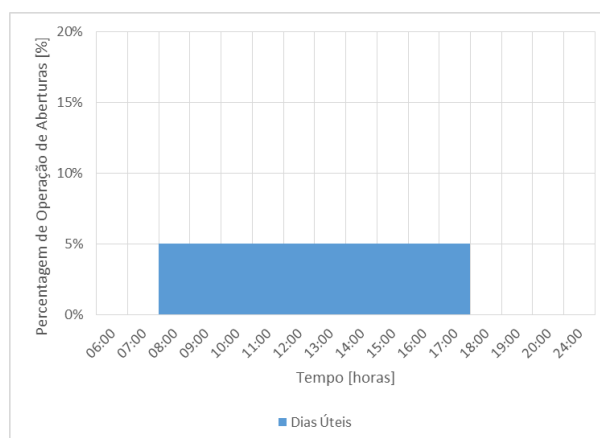


Imagem163 Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda-Feira das 08:00 às 18:00 Horas

A Imagem 164 e a Imagem 165 descrevem o perfil de operação de portas interiores uma vez por semana das 13:00 às 18:00 horas, que tem por base o perfil de ocupação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas. É importante referir que este perfil de operação, à semelhança do perfil de ocupação no qual se baseia, caracteriza as zonas do edifício Central e da Reitoria que apresentam uma ocupação ocasional, o que se traduz num funcionamento ocasional das portas interiores, e nas quais só exista ventilação de extração. Este perfil estabelece que uma vez por semana, só em dias úteis, entre as 13:00 e as 18:00 horas a percentagem de funcionamento das portas interiores é de 5% para uma % Area door open de 50%. Ou seja, das 5 horas de operação estabelecidas pelo presente perfil só 5% desse tempo consiste em tempo no qual as portas interiores se encontram abertas, que corresponde a 3 minutos por hora ou 15 minutos no total das 5 horas. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer operação de portas interiores nas zonas que o presente perfil de funcionamento representa. No âmbito da operação de portas interiores de zonas que apresentam uma operação ocasional e nas quais só exista ventilação de extração, só foi necessário alterar-se

os perfis de ocupação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas do auditório e da sala de atos solenes, uma vez que nem a sala do senado nem a de tradução apresentam aberturas interiores. A alteração efetuada no perfil de ocupação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas para dar lugar ao presente perfil de operação de portas interiores é semelhante à descrita na caracterização do perfil de funcionamento anterior.

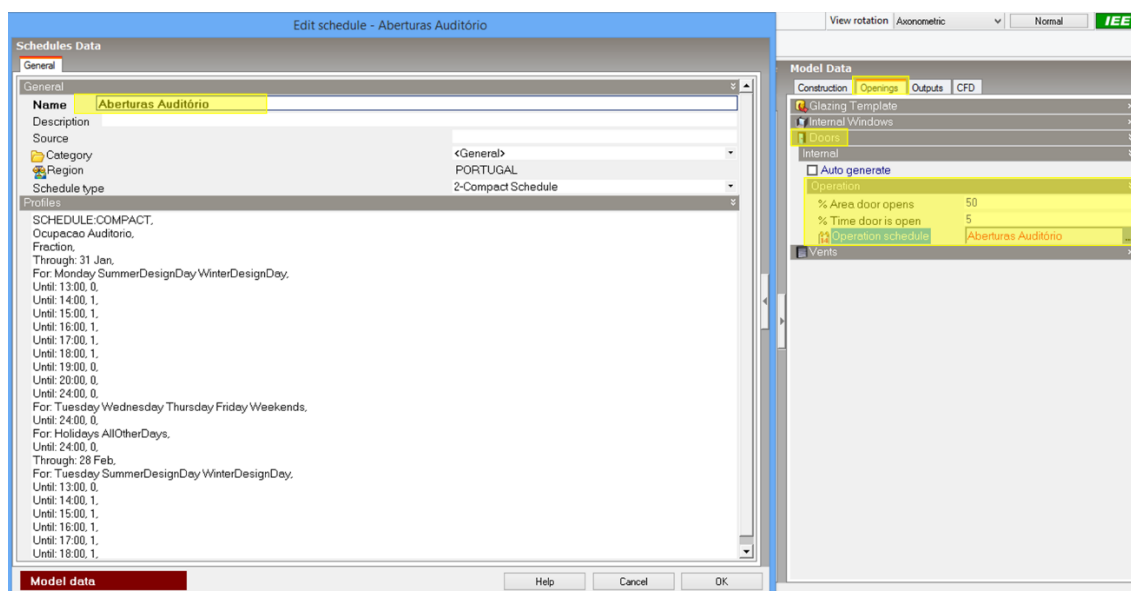


Imagem164 Perfil de Operação de Portas Interiores Uma Vez por Semana das 13:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder

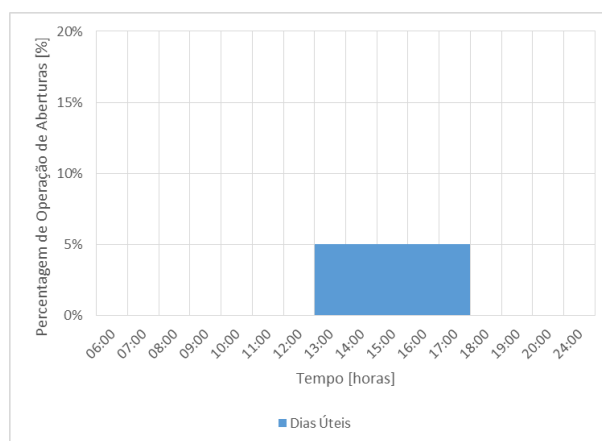


Imagem165 Perfil de Operação de Portas Interiores Uma Vez por Semana das 13:00 às 18:00 Horas

A Imagem 166 e a Imagem 167 descrevem o perfil de operação de portas interiores de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas, que tem por base o perfil de ocupação com o mesmo nome. Este perfil de operação de portas interiores é característica única e pontual de uma das zonas de arquivo do piso -1 (25.-1.8 Arquivo) e estabelece que em todos os dias do ano entre as 09:00 e as 18:00 horas a percentagem de funcionamento das portas interiores é de 5% para uma % Area door opens de 50%. Ou seja, das 9 horas de operação estabelecidas pelo presente perfil só 5% desse tempo consiste em tempo no qual as portas

interiores se encontram abertas, que corresponde a 3 minutos por hora ou 27 minutos no total das 9 horas. A alteração efetuada no perfil de ocupação de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas para dar lugar ao presente perfil de operação de portas interiores é semelhante às alterações descritas nas caraterizações dos perfis de funcionamento anteriores.

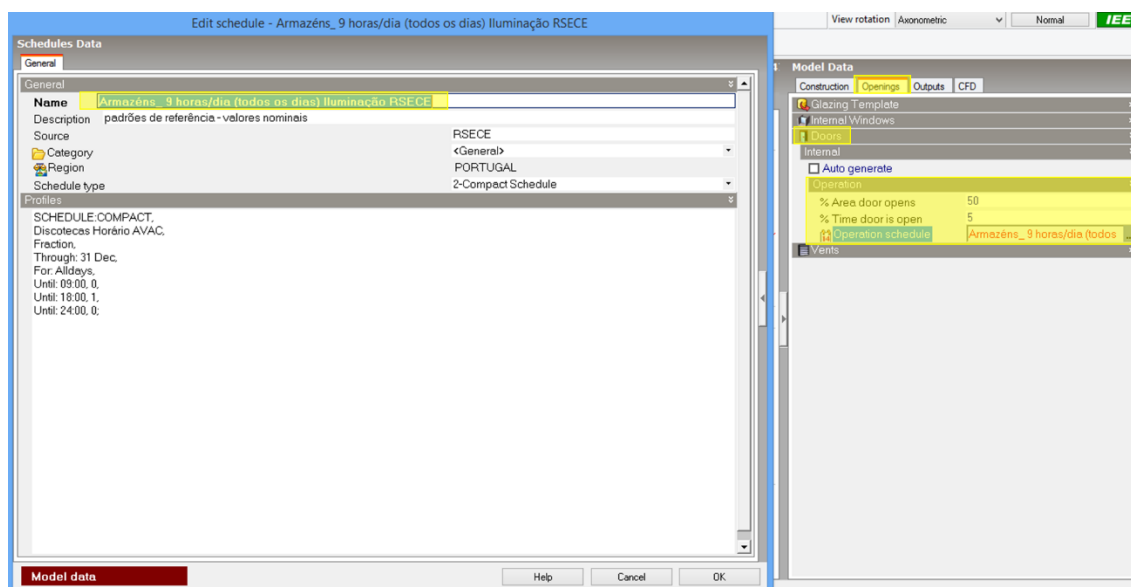


Imagem166 Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas no Desi

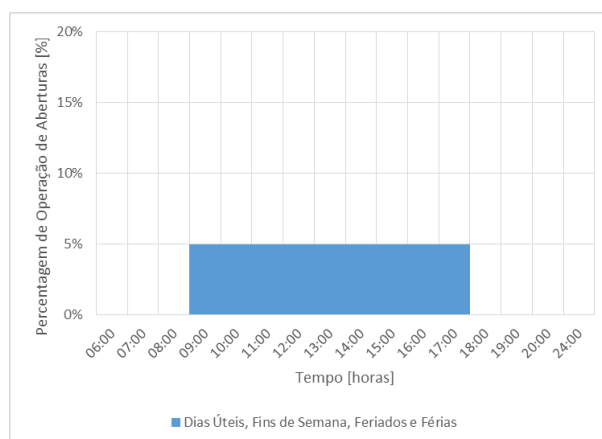


Imagem167 Perfil de Operação de Portas Interiores de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas

A Imagem 168 descreve o perfil de operação de janelas interiores de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas. Este perfil estabelece que em todos os dias do ano 24 horas por dia a percentagem de funcionamento dos vãos envidraçados interiores é de 0% para uma % Glazing area operable 0%. É importante relembrar que só existem dois vãos envidraçados interiores no edifício Central e da Reitoria, idênticos entre si, e que ligam, pelo interior do edifício, o bloco do auditório ou “Aula Magna” com o Átrio Monumental (Imagem 46). Pela observação no local das caraterísticas dos vãos envidraçados interiores no âmbito do

levantamento dimensional, de imediato verificou-se, e é possível perceber-se pela Imagem 81, a incapacidade de abrir estas janelas. Assim, em todos os dias do ano 24 horas por dia os envidraçados interiores permanecem fechados. Ao contrário das portas interiores, a operação de janelas interiores é definida inteiramente segundo o perfil de funcionamento aplicado, não existindo qualquer parâmetro semelhante ao % Time door is open (DesignBuilder, 2014i). Contudo, também para estas aberturas é importante contabilizar a área das janelas interiores que se abre relativamente à área total durante o tempo em que as janelas são abertas. (DesignBuilder, 2014i) Assim, o campo “% Glazing area opens” está para as janelas interiores como o campo “% Area door opens” está para as portas interiores, definindo a área do envidraçado que se pode abrir relativamente à área total da janela.

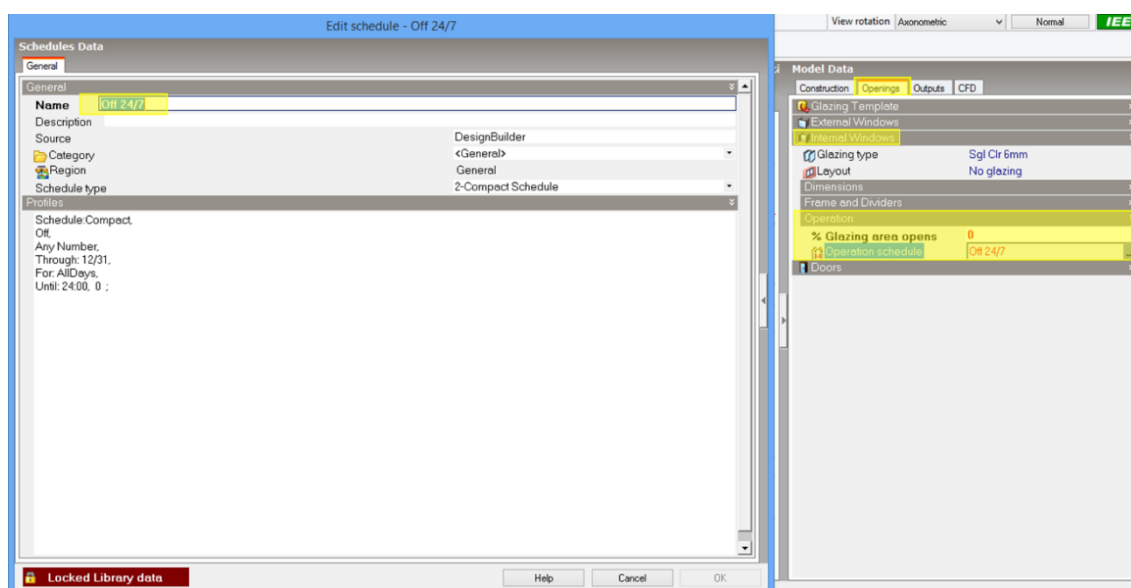


Imagem168 Perfil de Operação de Janelas Interiores de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder

As zonas vizinhas de zonas caracterizadas pelos perfis de operação descritos acabam também elas por ficarem sujeitas a esta caracterização do funcionamento de portas e janelas interiores. A zona constituída por espaços não úteis de circulação e de arrumos do piso -1 (Espaços Não Úteis) apresenta a particularidade de ser caracterizada por dois diferentes perfis de operação de portas interiores, nomeadamente pelos perfis de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas e de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas. Esta zona é vizinha de zonas que são caracterizadas quanto ao funcionamento das suas portas interiores por perfis diferentes, o que resultou em dois diferentes perfis caracterizadores da operação das portas interiores da zona de espaços não úteis do piso -1.

Tal como já foi referido na subsecção 3.2.3., só a esquina e a fachada a SE do longo bloco com gabinetes possuem dispositivos de proteção solar. A Imagem 169 descreve o único perfil de operação destes dispositivos de segunda a sexta-feira das 06:00 às 20:00 horas, sendo válido para os dois tipos de dispositivos considerados. Este perfil, que consiste no *schedule* “Escritórios Ocupação RSECE” (Imagem 148), estabelece que em todos os dias úteis entre as 06:00 e as 20:00 horas existe funcionamento dos dispositivos de proteção solar nas zonas que o mesmo caracteriza, com as percentagens de operação indicadas na imagem. O período de tempo em que o funcionamento é mais significativo situa-se entre as 08:00 e as 18:00 horas. Durante os

fins de semana, feriados e férias não existe qualquer operação destes dispositivos. Para efeitos da sua caracterização, o presente perfil pode ser também representado pela Imagem 155. É importante relembrar que na zona de circulação do piso 3 (25.4.4 33 Circulação Hole Caldeira) só alguns dos seus vãos envidraçados possuem dispositivos de proteção solar, nomeadamente os envidraçados que ligam o espaço de circulação com a cobertura verde. Assim, o presente perfil de operação só é aplicável a esses envidraçados da zona em causa.

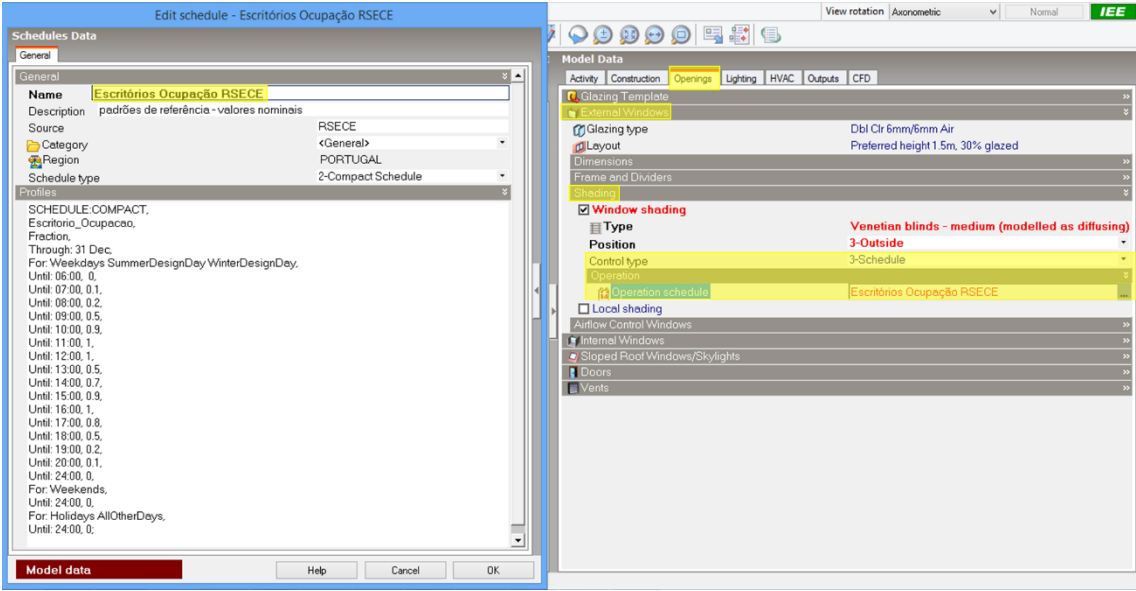


Imagem169 Perfil de Operação de Dispositivos de Proteção Solar Segunda a Sexta das 06:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder

Antes de se iniciar a caracterização dos perfis de funcionamento dos sistemas de climatização das várias zonas do edifício Central e da Reitoria, é importante perceber-se em que meses ocorre o aquecimento ambiente e o arrefecimento ambiente. Convém relembrar que no edifício em análise não existe aquecimento e arrefecimento simultaneamente. A Imagem 170 exemplifica a distribuição anual da climatização no edifício Central e da Reitoria.

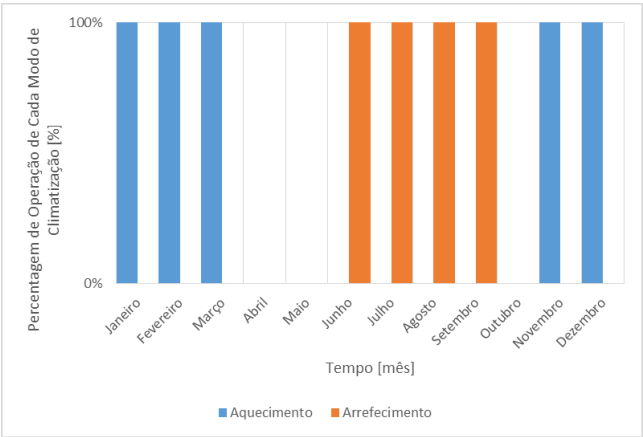


Imagem170 Distribuição da Climatização ao Longo do Ano

Junto dos SGTL foi possível perceber-se que a operacionalidade dos sistemas de aquecimento e dos de arrefecimento ocorre manualmente. Isto é, os SGTL permitem o aquecimento ou o arrefecimento do edifício consoante o clima que se manifestar em cada mês e o conforto dos ocupantes e/ou utilizadores do edifício em análise. Assim, a distribuição ilustrada pela Imagem 170 resultou da análise de consumos anuais de gás natural reais medidos (secção 3.4.) e da recolha de dados junto dos SGTL. Apesar de as unidades de produção de calor para o aquecimento ambiente não se limitarem a unidades consumidoras de gás natural, os consumos de gás natural no edifício Central e da Reitoria só se devem ao aquecimento. Ou seja, só se consome gás natural para que se consiga aquecer o edifício. Assim, analisando os consumos anuais de gás natural reais medidos foi possível perceber-se quais os meses com e sem consumo e daí concluir quais os meses com e sem necessidades de aquecimento, respetivamente. A análise dos consumos anuais de energia elétrica reais medidos não apresentou qualquer utilidade neste âmbito, uma vez que não é possível isolar-se a parcela desse consumo que resultou no aquecimento ambiente do edifício. Assim, aliando esta limitação ao facto de a unidade de produção de calor consumidora de gás natural (caldeira) ser a unidade responsável pelo maior número de zonas do edifício a climatizar e assim a unidade com maior responsabilidade no aquecimento, considerou-se que de novembro a março ocorre o aquecimento ambiente do edifício Central e da Reitoria. Relativamente ao arrefecimento, após debatido com os SGTL, considerou-se que o mesmo ocorre de junho a setembro. Os consumos anuais de energia elétrica e de gás natural analisados foram fornecidos pelos SGTL e pelo Professor Doutor Nelson Martins, orientador do presente projeto. Na secção 3.4. podem ser consultados mais detalhes sobre estes consumos e sobre a análise dos mesmos.

Assim, os perfis de operação dos sistemas de climatização vigentes no edifício em análise resultaram da recolha de dados junto dos SGTL, principalmente, e do cruzamento destes com a informação presente no levantamento. Existem 4 perfis de funcionamento da climatização, 1 de segunda a domingo, 1 de segunda a sexta-feira e 2 uma vez por semana. A Imagem 171, a Imagem 172 e a Imagem 173 descrevem o perfil de operação da climatização de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas. Este perfil caracteriza os sistemas de climatização de duas zonas do piso -1 (25.-1.1.2 Centrais de Segurança e 25.-1.5 Sala de Quadros Elétricos) e estabelece que, tal como referido pelos SGTL, em todos os dias do ano entre as 00:00 e as 24:00 horas a percentagem de operação da climatização dessa zona é de 100%. Ou seja, em todos os dias do ano 24 horas por dia existe sempre climatização das zonas.

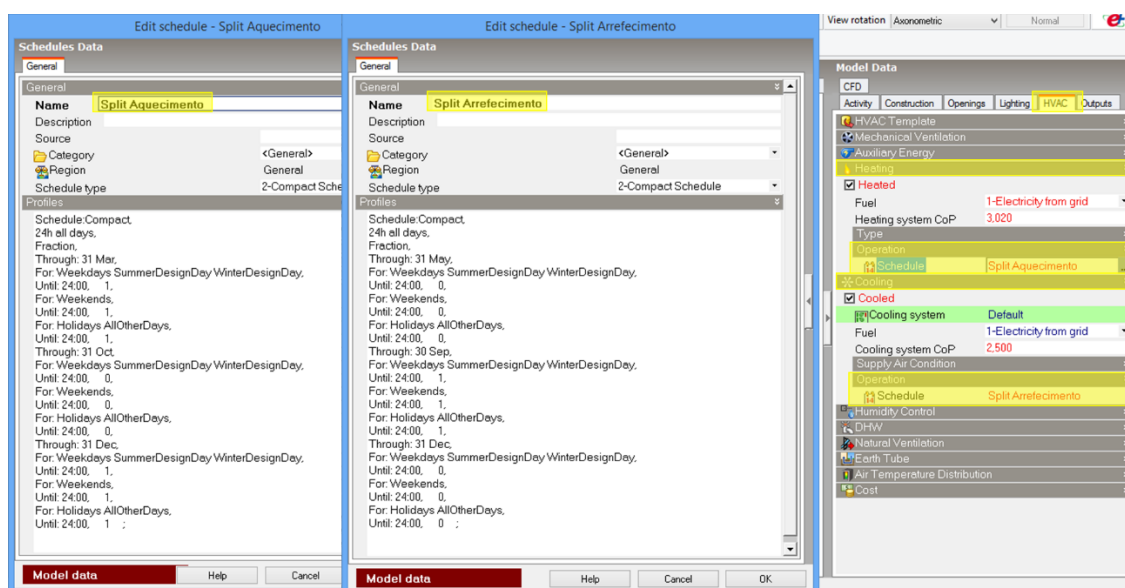


Imagem 171 Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 horas de Segurança DesignBuilder

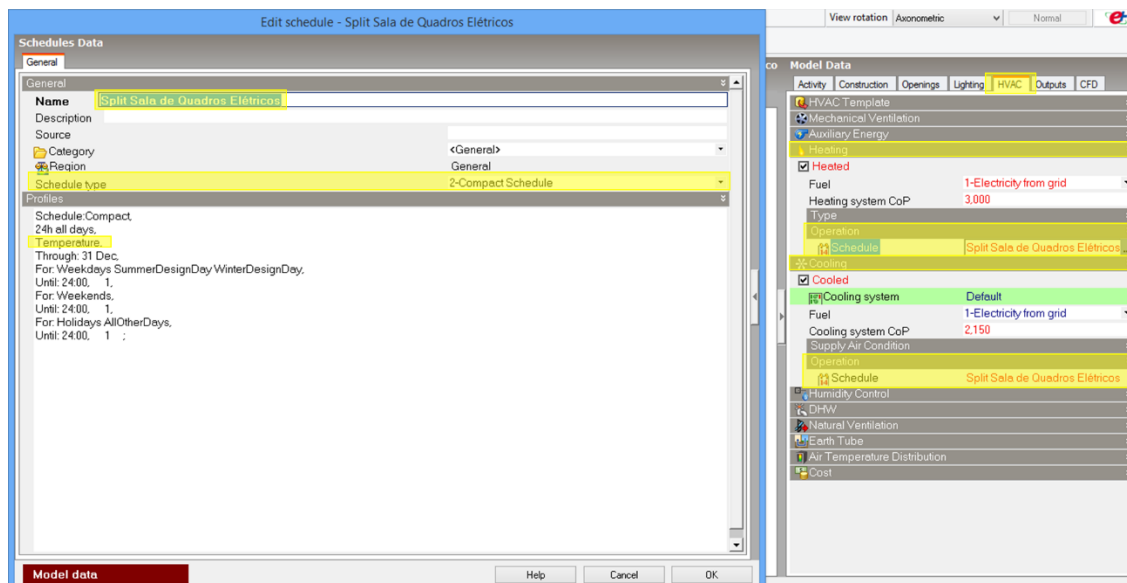


Imagem172 Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Domingo das 00:00 Horas na Sala de Quadros Elétricos no DesignBuilder

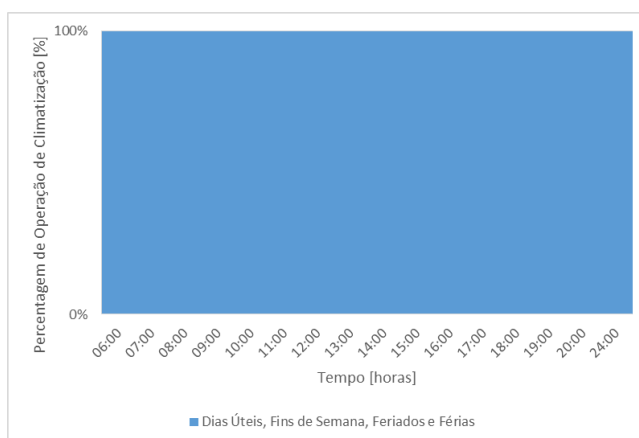


Imagem173 Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas

No caso da zona de centrais de segurança, esta uniformidade no funcionamento dos sistemas de climatização só ocorre de junho a setembro (arrefecimento) e de novembro a março (aquecimento), ou seja, durante os meses em que, segundo a Imagem 170, existe climatização. A contínua operação da climatização nas centrais de segurança justifica-se pela necessidade de manter o conforto térmico dos ocupantes, devido à constante ocupação desta zona. No caso da sala de quadros elétricos, não existe interrupção da climatização nos meses de abril, maio e outubro e a uniformidade na operação dos sistemas de climatização justifica-se pelo contínuo funcionamento de equipamentos, como os quadros elétricos por exemplo, sendo necessário para o bom e correto funcionamento dos mesmos controlar a temperatura ambiente de forma a evitar, principalmente, o sobreaquecimento da zona. O sistema de climatização da sala de quadros elétricos aquece ou arrefece consoante a temperatura do espaço e os *setpoints* definidos para o mesmo. Isto é, se a temperatura ambiente ultrapassar os 25°C o sistema irá arrefecer o espaço, se a temperatura ambiente for inferior a 0°C o sistema irá aquecer o espaço. Assim, não é estipulado em que meses o sistema deve aquecer ou arrefecer, sendo um mecanismo de termostato que fornece essa informação ao sistema. Posto isto, o

sistema de climatização da sala de quadros elétricos pode operar mesmo durante os meses em que está determinado não existir qualquer climatização no edifício, podendo até ocorrer arrefecimento em meses nos quais está estipulado existir aquecimento e vice-versa. Este tipo de sistema de climatização pode ser representado no DesignBuilder pelo recurso a *schedules* do tipo *compact schedule* e definir “temperature” como o método de controlo do perfil de operação do sistema de climatização, tal como assinalado na Imagem 172.

A Imagem 174 e a Imagem 175 descrevem o perfil de operação da climatização de segunda a sexta-feira das 08:30 às 19:00 horas. Este perfil de funcionamento é o mais comum dos 4 perfis e estabelece que, tal como referido pelos SGT, em todos os dias úteis entre as 08:30 e as 19:00 horas a percentagem de operação da climatização nas zonas que o mesmo caracteriza é de 100%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer climatização das zonas que o presente perfil representa. Este perfil de funcionamento é aplicável tanto para o aquecimento como para o arrefecimento ambiente.

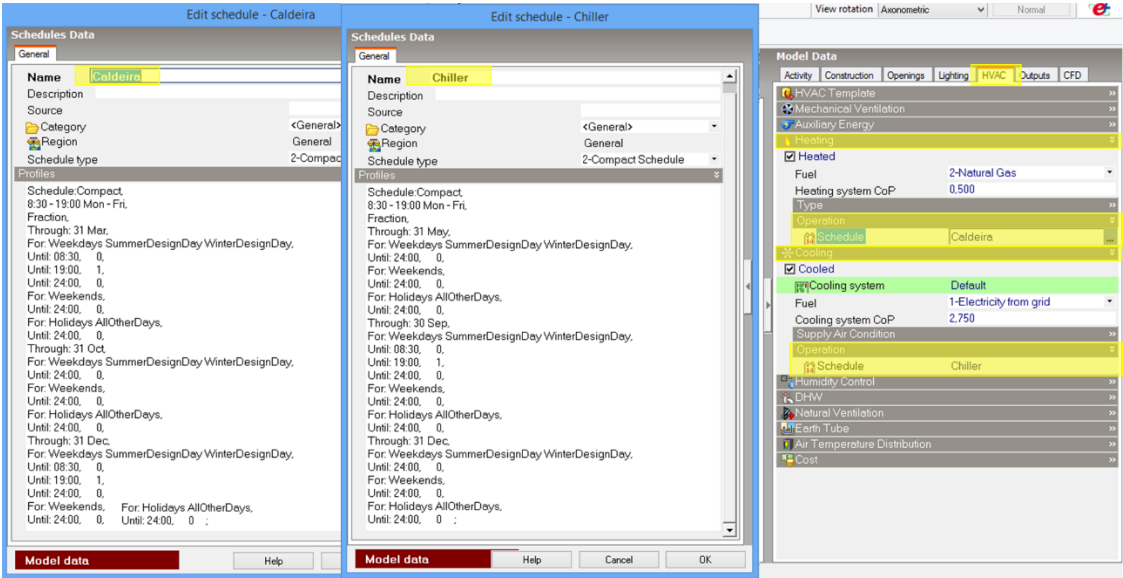


Imagem 174 Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Sexta-feira das 08:30 às 19:00 Horas no DesignBuilder

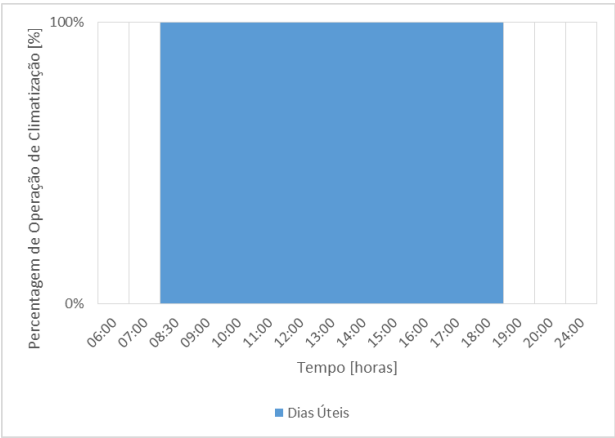


Imagem 175 Perfil de Operação da Climatização de Segunda a Sexta-feira das 08:30 às 19:00 Horas

A Imagem 176 e a Imagem 177 descrevem o perfil de operação da climatização uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas. É importante referir que este perfil de operação, à semelhança dos perfis de ocupação e de operação de aberturas uma vez por semana, caracteriza zonas do edifício Central e da Reitoria que apresentam uma ocupação ocasional e irregular, o que se traduz em necessidades de climatização ocasionais e irregulares. Dessas zonas, este perfil de funcionamento é característica única e pontual dos sistemas de climatização do auditório (piso intermédio) e das zonas a ele associadas. Posto isto, o presente perfil de operação da climatização estabelece que uma vez por semana, só em dias úteis, entre as 13:00 e as 20:00 horas a percentagem de funcionamento da climatização é de 100%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer climatização das zonas que o presente perfil de operação representa. O ponto de partida para a conceção deste perfil de operação foi o cruzamento da informação recolhida junto dos SGTL com os períodos operacionais das zonas abrangidas pelo presente perfil. Este perfil de funcionamento é aplicável tanto para o aquecimento como para o arrefecimento ambiente.

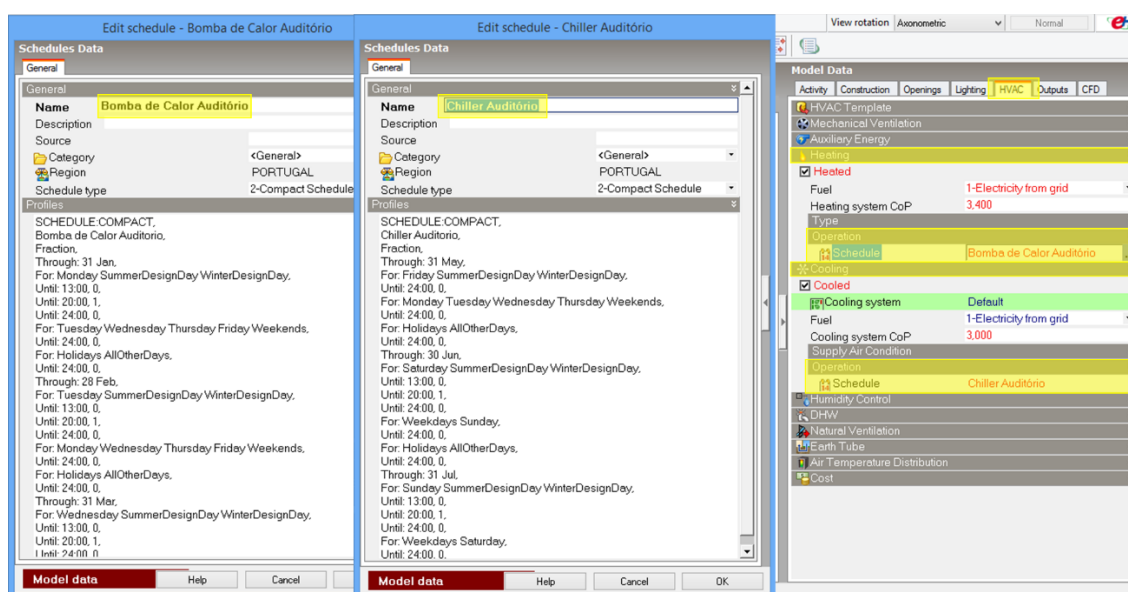


Imagem176 Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder

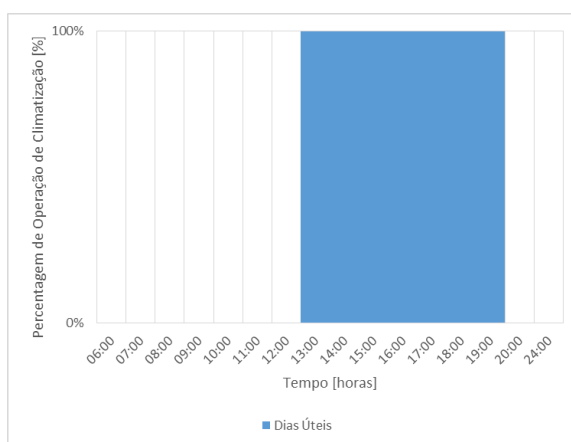


Imagem177 Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas

A Imagem 178 e a Imagem 179 descrevem o perfil de operação da climatização uma vez por semana das 13:00 às 19:00 horas. À exceção do período de funcionamento dos sistemas de climatização e das zonas abrangidas pelo perfil, tudo o que foi referido para o perfil de operação anterior é também válido para o perfil em caracterização. Assim e tendo em conta a caracterização do perfil anterior, o presente perfil de operação caracteriza as restantes zonas com ocupação ocasional, que se traduz em necessidades de climatização ocasionais, e estabelece que uma vez por semana, só em dias úteis, entre as 13:00 e as 19:00 horas a percentagem de funcionamento da climatização é de 100%. O sistema de climatização caracterizado pelo perfil de funcionamento anterior, tal como já foi referido na subsecção 3.2.4., caracteriza-se por a sua unidade de produção de aquecimento ou arrefecimento ser independente do resto do edifício. Contudo, os sistemas de climatização caracterizados pelo presente perfil de funcionamento caracterizam-se por partilharem as suas unidades de produção de calor e de geração de frio com a maior parte das zonas do edifício em análise. Consequentemente, os períodos de operação do presente perfil são influenciados pelo perfil de operação da climatização dessas zonas, o perfil de segunda a sexta-feira das 08:30 às 19:00 horas, daí o presente perfil definir a operação da climatização até às 19:00 horas e não até às 20:00 horas como no perfil anterior.

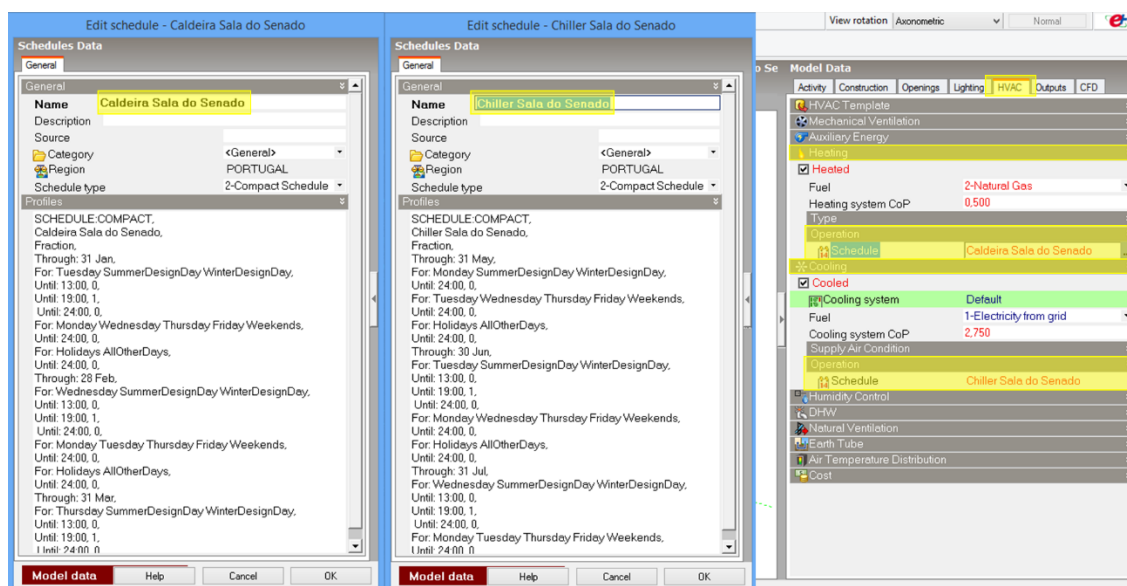


Imagem178 Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 19:00 Horas no DesignBuilder

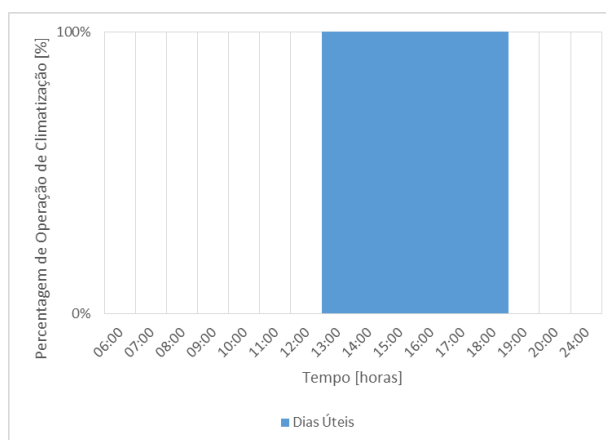


Imagem179 Perfil de Operação da Climatização Uma Vez por Semana das 13:00 às 19:00 Horas

Antes de concluir a caracterização dos perfis de operação dos sistemas de climatização, é importante referir que, à exceção da sala de quadros eléctricos (25.-1.5 Sala de Quadros Eléctricos) caracterizada pelo perfil de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas, todas as zonas que não possuem ocupação também não possuem climatização. Além destas zonas, todas as casas-de-banho do edifício Central e da Reitoria, bem como todos os espaços do piso intermédio 1, alguns espaços de circulação, alguns arrumos, a copa do piso 3 e algumas zonas do piso -1 também não possuem climatização.

Os perfis de operação dos sistemas de ventilação vigentes no edifício em análise resultaram da recolha de dados junto dos SGTL, principalmente, e do cruzamento destes com a informação presente no levantamento. Existem 5 perfis de funcionamento da ventilação, 2 de segunda a sexta-feira, 2 uma vez por semana e 1 de segunda a domingo. A Imagem 180 e a Imagem 181 descrevem o perfil de operação da ventilação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 20:00 horas. Este perfil caracteriza a generalidade das zonas nas quais existe ventilação de extração, nomeadamente a copa do piso 3 (25.4.2 Copa), o estacionamento (25.-1 Estacionamento), uma das zonas de arquivo do piso -1 (25.-1.8 Arquivo) e a maioria das casas-de-banho do edifício Central e da Reitoria. Apesar das zonas de casa-de-banho associadas à sala de atos solenes (25.1 1.2 Casas-de-Banho) serem caracterizadas pelos perfis de ocupação e de operação de aberturas uma vez por semana, os seus sistemas de ventilação de extração são caracterizados pelo presente perfil. Isto porque, tal como já referido na subsecção 3.2.4., o ventilador de extração que serve essas zonas é o mesmo que serve todos os espaços com ventilação só de extração (casas-de-banho maioritariamente) do bloco com gabinetes (Imagem 49), bloco no qual se encontram as casas-de-banho em causa. Posto isto e tendo em conta a informação facultada pelos SGTL, o presente perfil estabelece que em todos os dias úteis entre as 08:00 e as 20:00 horas a percentagem de operação da ventilação nas zonas que o mesmo perfil caracteriza é de 100%. Ou seja, em todos os dias úteis das 08:00 às 20:00 horas existe sempre ventilação das zonas. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe ventilação nas zonas que o presente perfil representa.

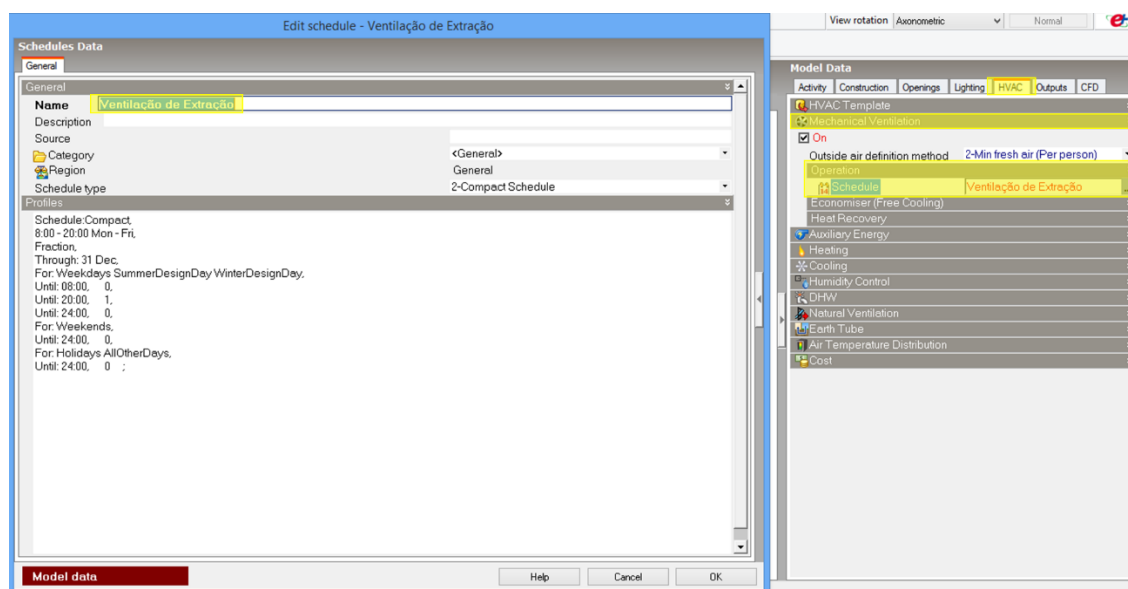


Imagem180 Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Sexta das 08:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder

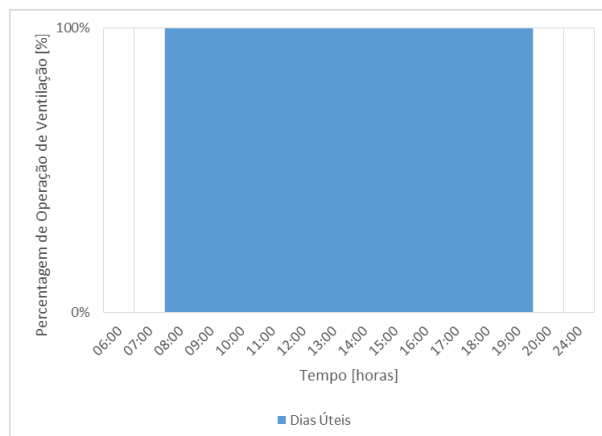


Imagem181 Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Sexta das 08:00 às 20:00 Horas

A Imagem 182 descreve o perfil de operação da ventilação de segunda a sexta-feira das 08:30 às 19:00 horas. Este perfil de operação é o mais comum dos 5 perfis de funcionamento da ventilação e estabelece que, tal como referido pelos SGT, em todos os dias úteis entre as 08:30 e as 19:00 horas a percentagem de operação da ventilação (só de insuflação ou de insuflação e extração) nas zonas que o mesmo perfil caracteriza é de 100%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe ventilação nas zonas que o presente perfil representa. Comparando este perfil com o perfil de operação da climatização de segunda a sexta-feira das 08:30 às 19:00 horas, as semelhanças entre eles são claramente visíveis. Estas semelhanças são fruto da indissociação da ventilação da climatização descrita na subsecção 3.2.4.. A única diferença existente entre estes perfis consiste na interrupção da climatização do edifício durante os meses de abril, maio e outubro, nos quais a ventilação não sofre qualquer interrupção. Posto isto, o perfil de operação da ventilação de segunda a sexta-feira das 08:30 às 19:00 horas pode também ser caracterizado pela Imagem 175.

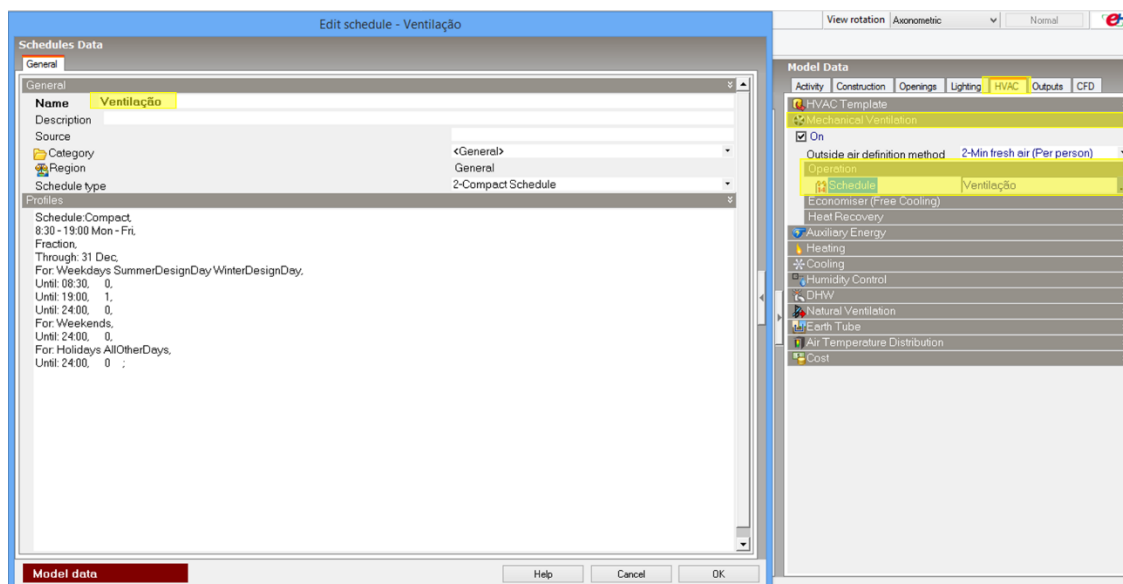


Imagem182 Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Sexta das 08:30 às 19:00 Horas no DesignBuilder

A Imagem 183 e a Imagem 184 descrevem respetivamente os perfis de operação da ventilação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas e das 13:00 às 19:00 horas, que caracterizam maioritariamente sistemas de ventilação de insuflação e extração. O perfil uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas caracteriza também o sistema de ventilação só de extração presente na zona de casas-de-banho do piso intermédio 1

(25.2.A.7.3 4 Casa-de-Banho). Da mesma forma que o perfil de operação da climatização de segunda a sexta-feira das 08:30 às 19:00 horas está para o perfil de operação da ventilação anterior, os perfis de funcionamento da climatização uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas e das 13:00 às 19:00 horas estão respetivamente para os perfis de funcionamento dos sistemas de ventilação com o mesmo nome. Desta forma, o perfil de operação da ventilação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas é também característica única e pontual dos sistemas de ventilação do auditório (piso intermédio) e das zonas a ele associadas e o perfil de operação da ventilação uma vez por semana das 13:00 às 19:00 horas dos sistemas de ventilação das restantes zonas com ocupação ocasional, que se traduz numa ventilação ocasional. Esta relação entre perfis de operação é também fruto da indissociação da ventilação da climatização, que só difere nos meses de interrupção da climatização do edifício. Posto isto, os perfis de operação da ventilação uma vez por semana podem também ser caracterizados pela Imagem 177 e pela Imagem 179.

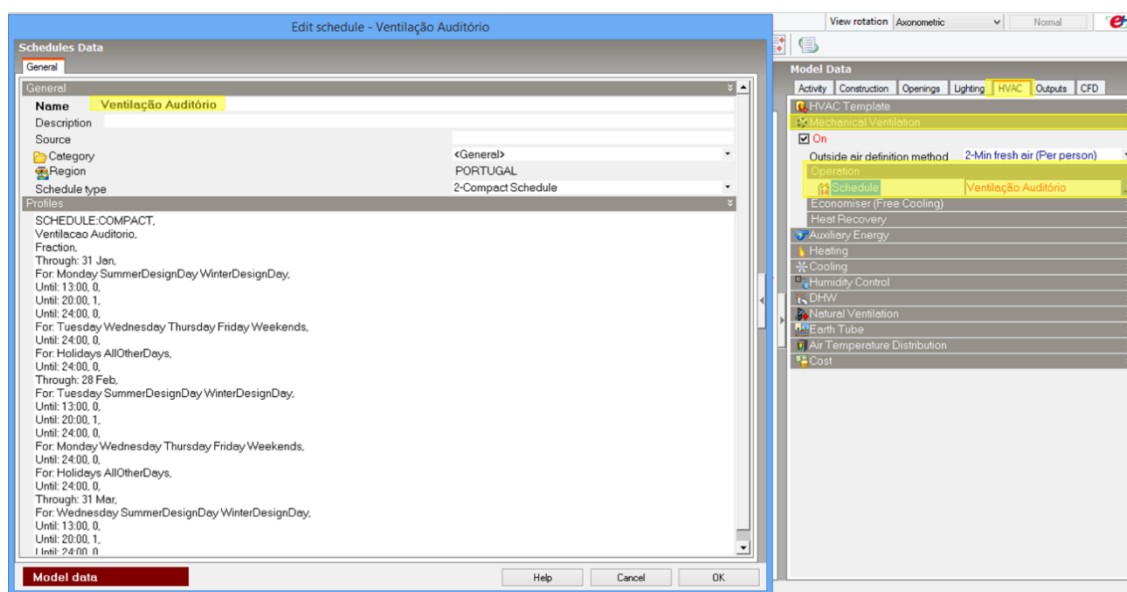


Imagem183 Perfil de Operação da Ventilação Uma Vez por Semana das 13:00 às 20:00 Horas no DesignBuilder

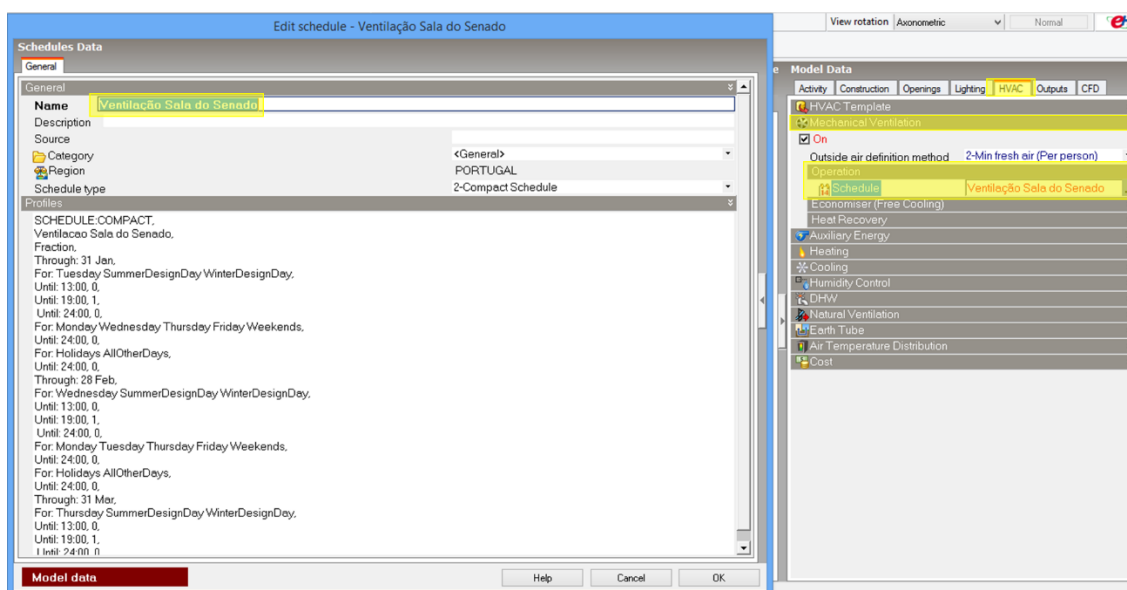


Imagem184 Perfil de Operação da Ventilação Uma Vez por Semana das 13:00 às 19:00 horas no DesignBuilder

As imagens que se seguem descrevem o perfil de operação da ventilação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas. Este perfil é o único dos 5 perfis de funcionamento da ventilação que caracteriza sistemas de VN (ventilação natural). Tal como já foi referido no capítulo anterior, a VN consiste no escoamento natural de ar através de frinchas da envolvente (caixilharia de portas e janelas e caixas de estore), as denominadas infiltrações, e de dispositivos de admissão de ar nas fachadas (grelhas). O presente perfil como característica das infiltrações descreve a operação da VN em todas as zonas do edifício Central e da Reitoria, enquanto como característica do escoamento natural de ar através de dispositivos nas fachadas só descreve o funcionamento da VN no estacionamento (25.-1 Estacionamento) e na sala da caldeira do piso 3 (25.4.23 Caldeira). Não obstante ao que foi referido, o presente perfil de operação também caracteriza o sistema de VM (ventilação mecânica) da sala do gerador do piso -1 (25.-1 Gerador). Para todos os sistemas de ventilação caracterizados por este perfil, o mesmo estabelece que em todos os dias do ano 24 horas por dia a percentagem de operação da ventilação é de 100%.

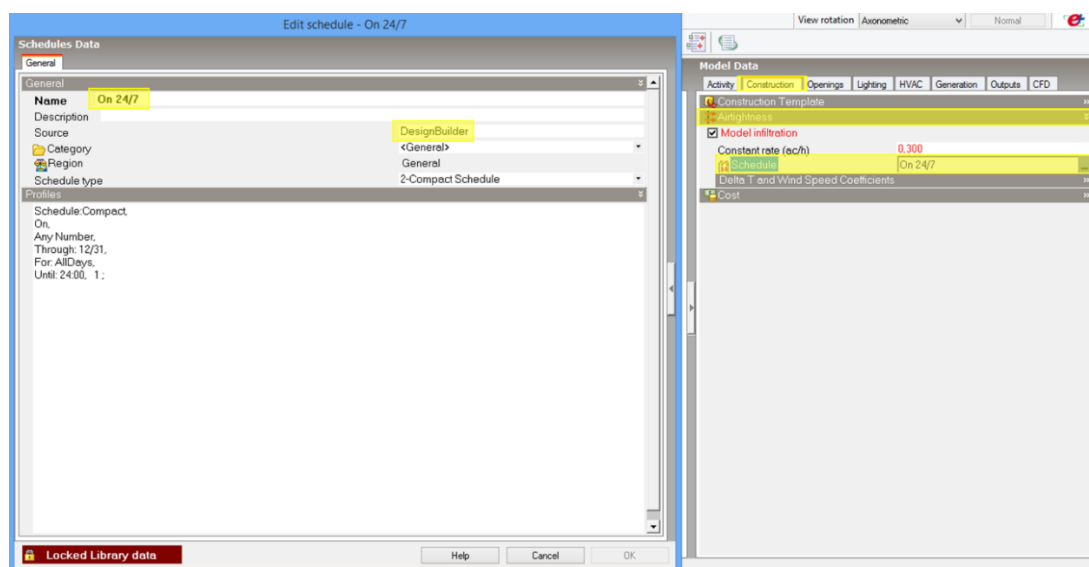


Imagem185 Perfil de Operação das Infiltrações de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder

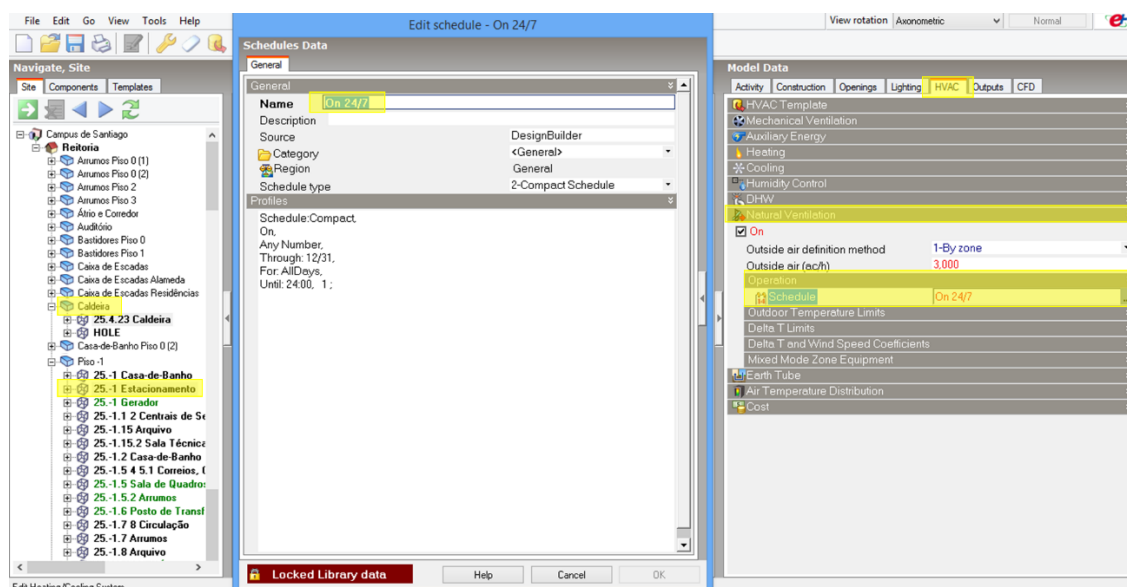


Imagem186 Perfil de Operação da Ventilação Natural de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder

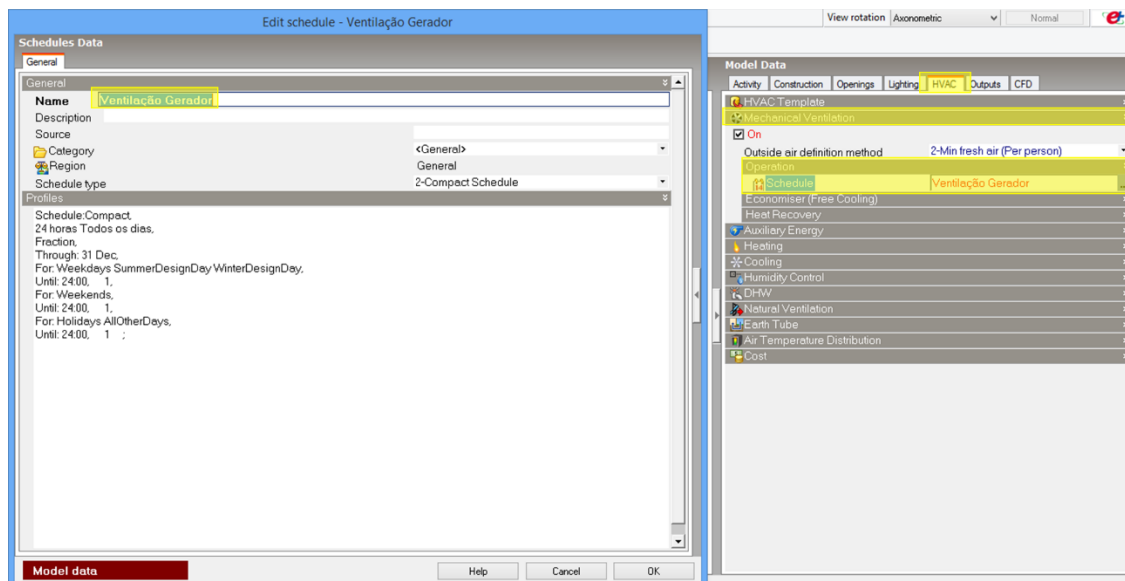


Imagem187 Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder

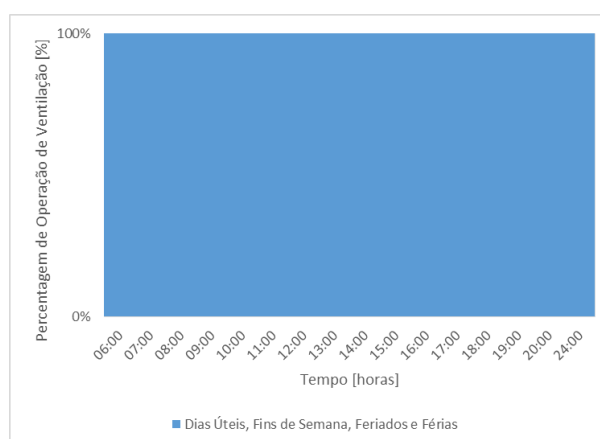


Imagem188 Perfil de Operação da Ventilação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas

No caso do sistema de ventilação da sala do gerador (insuflação e extração), o perfil de operação resultou de informação facultada pelos SGTL. Tal como já foi descrito na subsecção 3.2.4. fruto do que fora referido pelos SGTL, o sistema de ventilação da sala do gerador tem por finalidade garantir a existência de O_2 no ar no interior do espaço. Um gerador, tal como o próprio nome indica, gera energia e durante o processo de geração é “consumido” O_2 . Assim, para o correto e seguro funcionamento do gerador existe a necessidade de se controlar os níveis de O_2 no espaço, sendo estes assegurados pelo sistema de ventilação. Posto, foi referido pelos SGTL que este sistema de ventilação se encontra em constante funcionamento, 24 horas por dia e 365 dias por ano. Relativamente às infiltrações, estas não são reguláveis, estão sempre presentes em qualquer edifício e, portanto, considerou-se o perfil de operação que por defeito o programa de SD atribui, “On 24/7”. Quanto ao escoamento natural de ar através de dispositivos nas fachadas, foi possível observar-se no local que os dispositivos existentes não são reguláveis e, portanto, o escoamento de ar é permanente.

O sistema de ventilação do estacionamento é um sistema de ventilação combinada, nomeadamente um sistema no qual a VN e a VM coexistem no mesmo espaço de forma independente uma da outra. Assim, este espaço apresenta a particularidade de ser caracterizado por dois diferentes perfis de operação da ventilação,

designadamente pelo perfil de funcionamento da VM de segunda a sexta-feira das 08:00 às 20:00 horas e pelo perfil de funcionamento da VN de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas. A VM promove a extração de ar do espaço e, assim, a VN a insuflação de ar novo.

Para concluir a caracterização dos perfis de operação dos sistemas de ventilação, é importante referir que, à exceção das salas da caldeira e do gerador caracterizadas pelo perfil de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas e do estacionamento e de uma das zonas de arquivo do piso -1 (25.-1.8 Arquivo) caracterizadas pelo perfil de segunda a sexta-feira das 08:00 às 20:00 horas, todas as zonas que não possuem ocupação também não possuem ventilação. À semelhança da sala do gerador, também na sala da caldeira deve ser garantida a presença de O₂ dada a queima de combustível que tem lugar nesta zona. Os estacionamentos tipicamente caracterizam-se por serem locais onde ocorre alguma acumulação de gases de escape, daí existir um sistema de ventilação forçada dedicado à extração de ar do estacionamento do edifício em análise. Além destas zonas, todos os espaços do piso intermédio 1, alguns espaços de circulação, alguns arrumos, o arquivo do piso 0 (25.1.21 Arquivo) e algumas zonas do piso -1 também não possuem ventilação.

De forma muito similar à dos perfis de ocupação, os perfis de operação dos sistemas de iluminação vigentes no edifício em análise resultaram da recolha de dados do levantamento, bem como junto dos SGT, e do cruzamento destes com a tipologia do edifício. Existem 7 perfis de funcionamento da iluminação, 4 de segunda a domingo, 2 de segunda a sexta-feira e 1 uma vez por semana. Tendo também a maioria destes perfis por base os *schedules* no âmbito do RSECE associados ao *template* de atividade “Escritórios”, que o próprio *software* de SD DesignBuilder disponibiliza. A Imagem 189 exemplifica o que foi descrito.

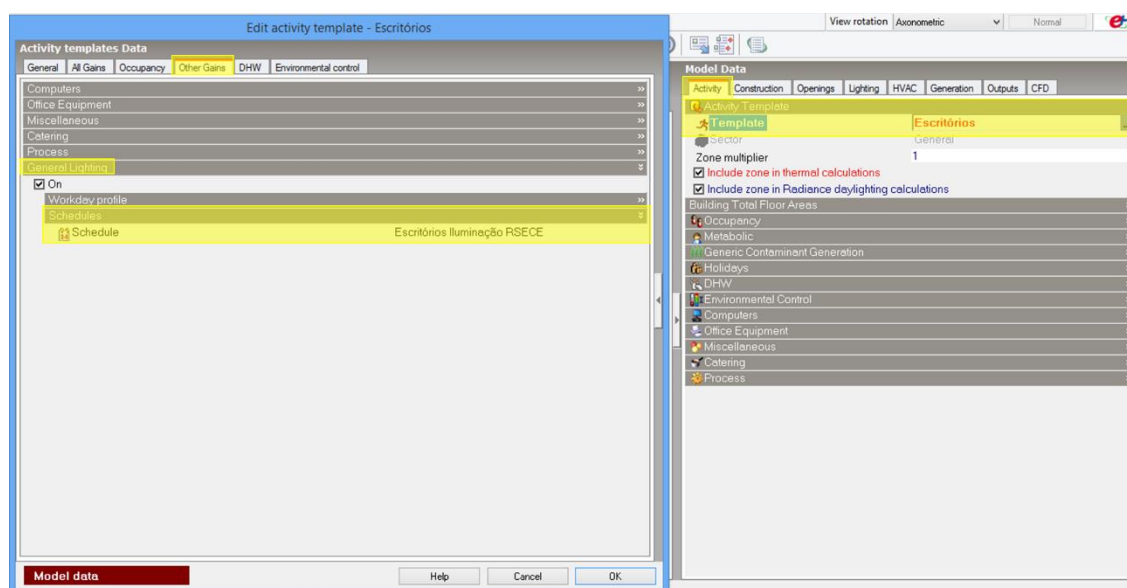


Imagem189 Schedule de Operação da Iluminação

Antes de se iniciar a caracterização dos perfis de operação dos sistemas de iluminação, é importante referir que só não existe iluminação nas 4 ZNU do edifício Central e da Reitoria. A Imagem 190 descreve o perfil de operação da iluminação de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas que, tal como descrito no campo tipologia de atividade dos espaços presente no levantamento, consiste no *schedule* “Armazéns_9 horas/dia (todos os dias) Iluminação RSECE”. Este perfil caracteriza mais de metade das zonas do piso -1, nomeadamente aquelas que, segundo o levantamento, a sua tipologia de atividade se caracteriza como “Armazéns 9 h/dia (todos os dias)”. O funcionamento dos sistemas de iluminação da sala da caldeira (25.4.23 Caldeira), com tipologia de atividade caracterizada também como “Armazéns 9 h/dia (todos os dias)”, é também descrito pelo presente perfil. Tal como a Imagem 190 demonstra, o *schedule* ao qual se traduz o

presente perfil é parte integrante do vasto conjunto de parâmetros pré-estabelecidos pelo *template* de atividade “Armazéns_ 9 horas/dia (todos os dias)” no âmbito do RSECE. Posto isto, este perfil estabelece que em todos os dias do ano entre as 09:00 e as 18:00 horas a percentagem de operação da iluminação nas zonas que o mesmo representa é de 100%, podendo, para efeitos da sua caracterização, ser também representado pela Imagem 150.

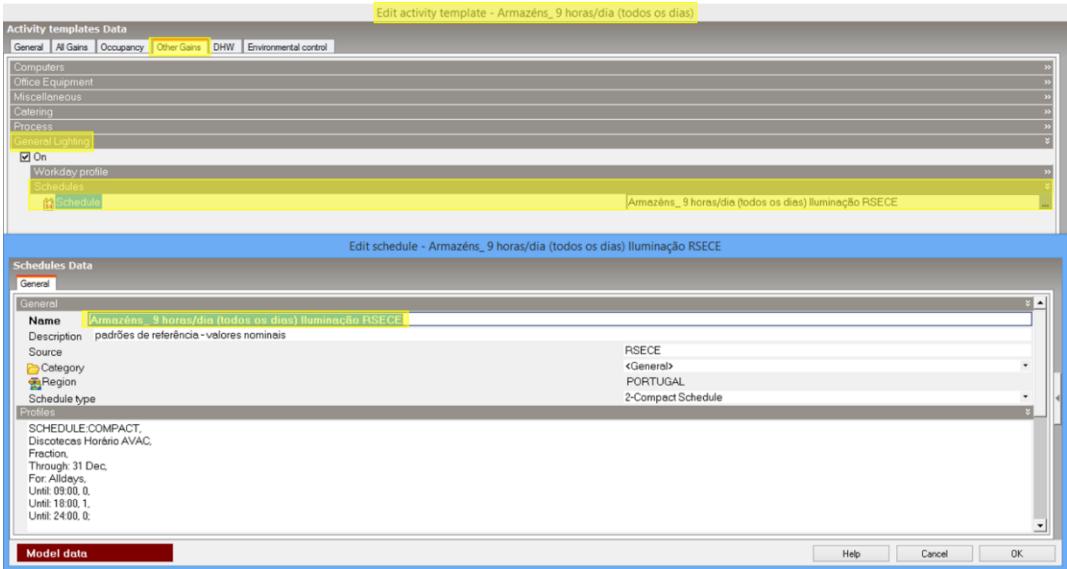


Imagem190

A Imagem 191 e a Imagem 192 descrevem o perfil de operação da iluminação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (1), que tem por base o *schedule* “Escritórios Iluminação RSECE” (Imagem 189). Este perfil de funcionamento da iluminação é característica única e pontual da zona de centrais de segurança do piso -1 (25.-1.1 2 Centrais de Segurança) e estabelece que, tal como descrito no levantamento, em todos os dias do ano 24 horas por dia existe iluminação nessa zona, com as percentagens de operação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a operação da iluminação é mais significativa situa-se entre as 08:00 e as 18:00 horas de dias úteis.

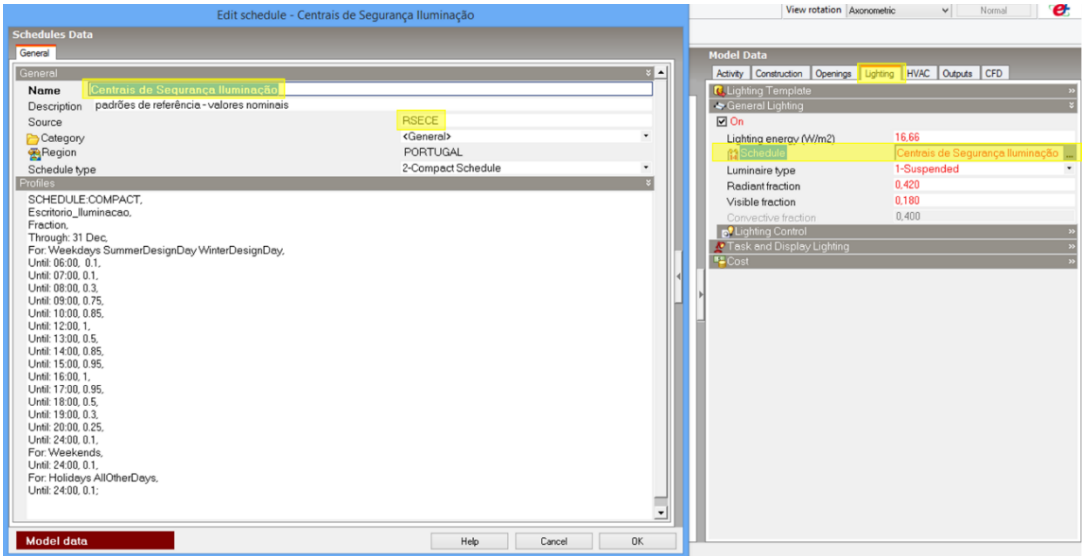


Imagem191 Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (1) no Designbuilder

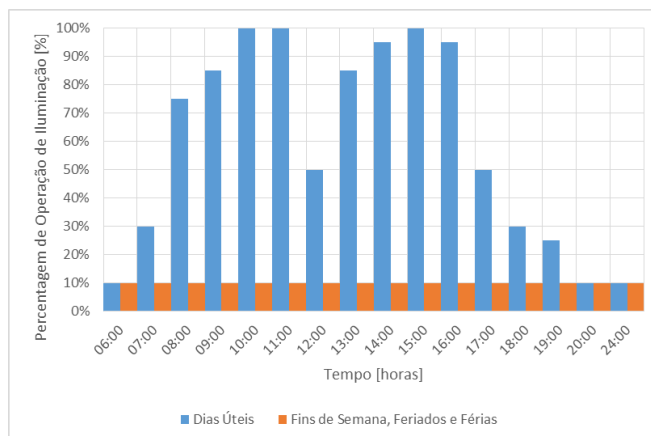


Imagem192 Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 06:00 às 24:00 horas (1)

Da mesma forma que o perfil de ocupação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas se relaciona com o perfil de ocupação das 06:00 às 20:00 horas, o presente perfil relaciona-se com o perfil de operação da iluminação das 00:00 às 24:00 horas (2) que será de seguida caracterizado. Assim, os períodos em que a percentagem de funcionamento da iluminação difere entre estes perfis são nos fins de semana, feriados e férias, como também nos dias úteis entre as 20:00 e as 06:00 horas. Nestes períodos o perfil em caracterização apresenta uma percentagem de operação de 10%, enquanto o perfil que se segue apresenta percentagens inferiores (5%). A introdução da percentagem referida nos períodos referidos foi a solução encontrada para representar o perfil das centrais de segurança, que se caracteriza por apresentar ocupação todos os dias 24 horas por dia, o que em conjunto com o fato de esta zona se localizar no piso -1, onde a iluminação natural é pobre ou mesmo nula, se traduz na constante operação dos seus sistemas de iluminação.

A Imagem 193 e a Imagem 194 descrevem o perfil de operação da iluminação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (2), que consiste no *schedule* “Escritórios Iluminação RSECE” (Imagem 189). Este perfil de funcionamento da iluminação é o mais comum dos 7 perfis vigentes no edifício Central e da Reitoria e estabelece que em todos os dias do ano 24 horas por dia existe iluminação nas zonas que o mesmo caracteriza, com as percentagens de operação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a operação da iluminação é mais significativa situa-se entre as 08:00 e as 18:00 horas de dias úteis. Durante os fins de semana, feriados e férias existe funcionamento dos sistemas de iluminação nas zonas que o presente perfil representa, contudo com uma percentagem de operação pouco significativa (5%).

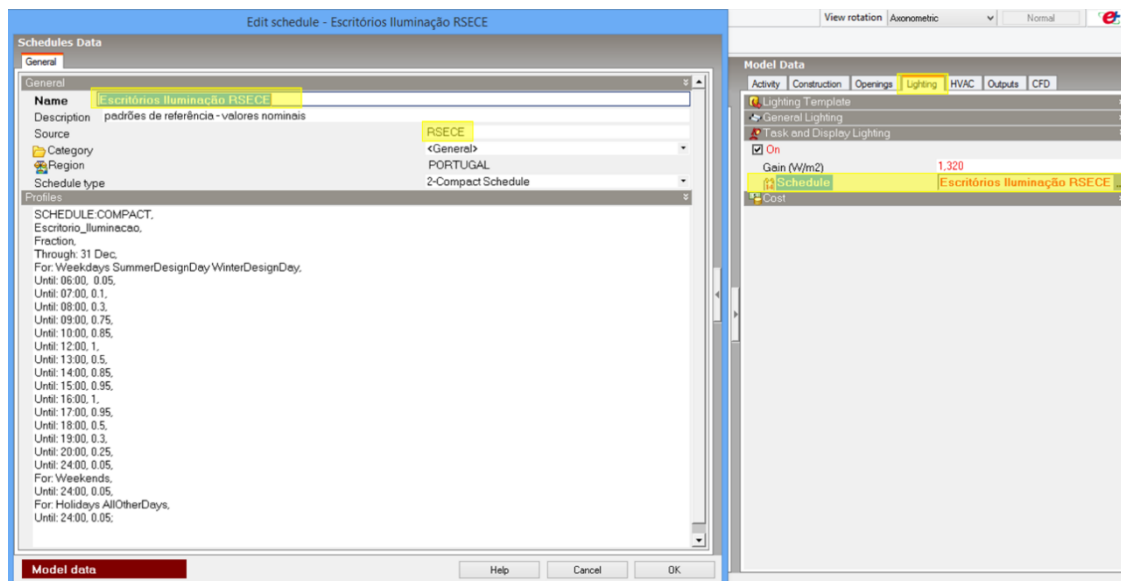


Imagem193 Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2) no DesignBuilder

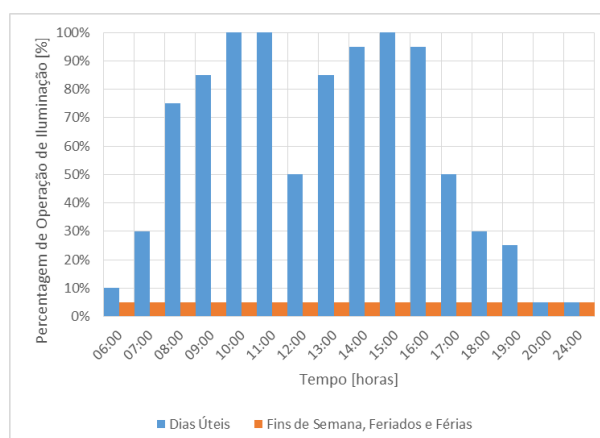


Imagem194 Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2)

A Imagem 195 e a Imagem 196 descrevem o perfil de operação da iluminação de segunda a sexta-feira das 10:00 às 18:00 horas, que tem por base o *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito do RSECE. Assim, este perfil de funcionamento da iluminação traduz-se no *schedule* “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta) Iluminação RSECE” e é característica única e pontual das zonas da copa, do bar e da despensa do piso 0 (25.1.2 Copa, 25.1.25 Bar e 25.1.3 Despensa). Este perfil estabelece que, tal como descrito no levantamento, em todos os dias úteis entre as 10:00 e as 18:00 horas a percentagem de operação da iluminação nestas zonas é de 100%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe funcionamento dos sistemas de iluminação nas zonas que o presente perfil representa. O levantamento refere que as zonas caracterizada pelo presente perfil apresentam a tipologia de atividade “Cozinhas 6h/dia (Seg. a Sex.)”. Contudo, fruto do que foi possível observar no local considerou-se, para efeitos da caracterização dessas zonas, o *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” disponibilizado pelo programa de SD.

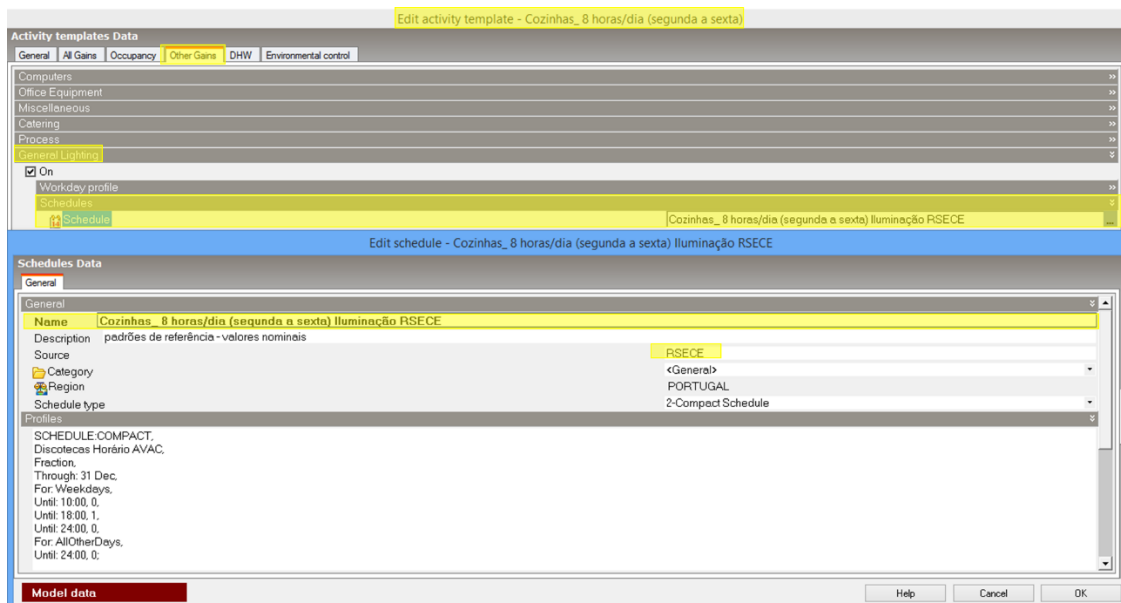


Imagem195 Schedules de Operação da Iluminação associada

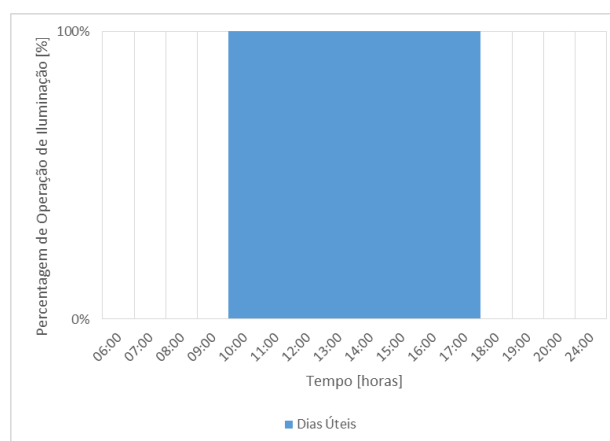


Imagem196 Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Sexta

A Imagem 197 e a Imagem 198 descrevem o perfil de operação da iluminação uma vez por semana das 13:00 às 24:00 horas, que tem por base o *schedule* “Escritórios Iluminação RSECE” (Imagem 189). À semelhança dos perfis de ocupação e dos de operação de aberturas, da climatização e da ventilação uma vez por semana, este perfil de funcionamento da iluminação caracteriza as zonas do edifício Central e da Reitoria que apresentam uma ocupação ocasional e irregular, o que se traduz em necessidades de iluminação artificial também elas ocasionais e irregulares. Posto isto, o presente perfil estabelece que uma vez por semana, só em dias úteis, entre as 13:00 e as 24:00 horas existe iluminação nas zonas que o mesmo caracteriza com as percentagens de operação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a operação da iluminação é mais significativa situa-se entre as 13:00 e as 18:00 horas. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe funcionamento dos sistemas de iluminação nessas zonas. A lógica por detrás da conceção deste perfil é idêntica à descrita na caracterização do perfil de ocupação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas.

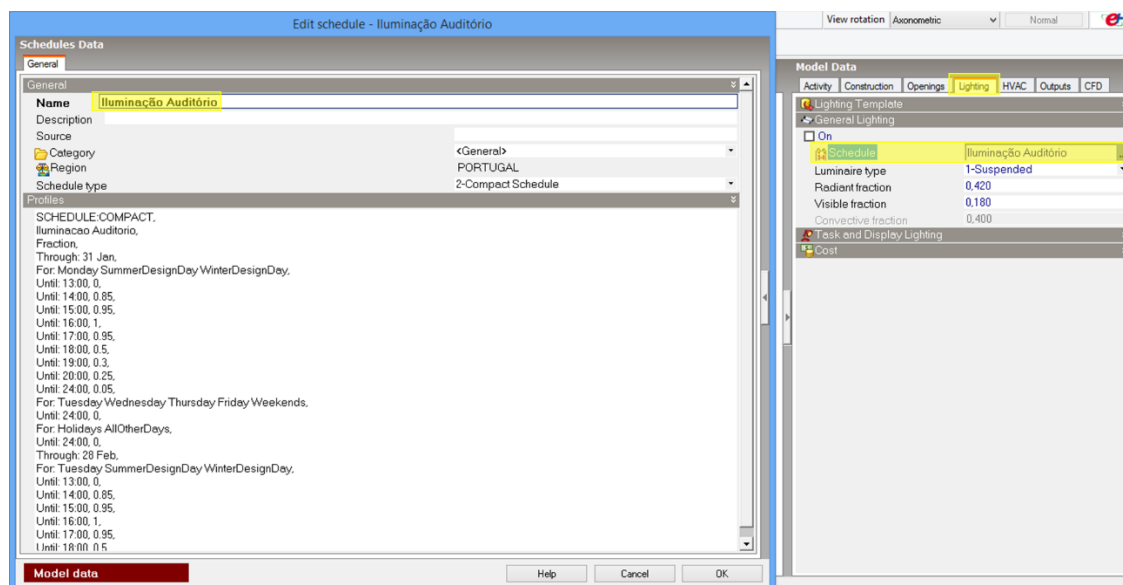


Imagem197 Perfil de Operação da Iluminação Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder

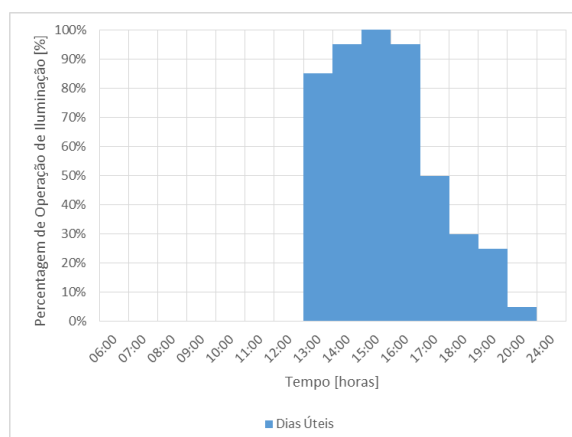


Imagem198 Perfil de Operação da Iluminação Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas

A Imagem 199 descreve o perfil de operação da iluminação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (3). Este perfil de funcionamento da iluminação é característica única e pontual das zonas de elevadores do edifício Central e da Reitoria (25.-1.3 2.3 3.3 4.3 Elevador e 25.-1.2 1 1.2 1.4 2 2.2 2.3 3 3.2 3.3 4 4.2 4.3 Elevadores e Courette) e estabelece que em todos os dias do ano 24 horas por dia a percentagem de operação da iluminação nessas zonas é de 100%, podendo, para efeitos da sua caracterização, ser também representado pela Imagem 173. Este perfil de funcionamento permanente dos sistemas de iluminação dos elevadores é fundamentado pelo que foi possível observar no local e pela informação cedida pelos SGT.

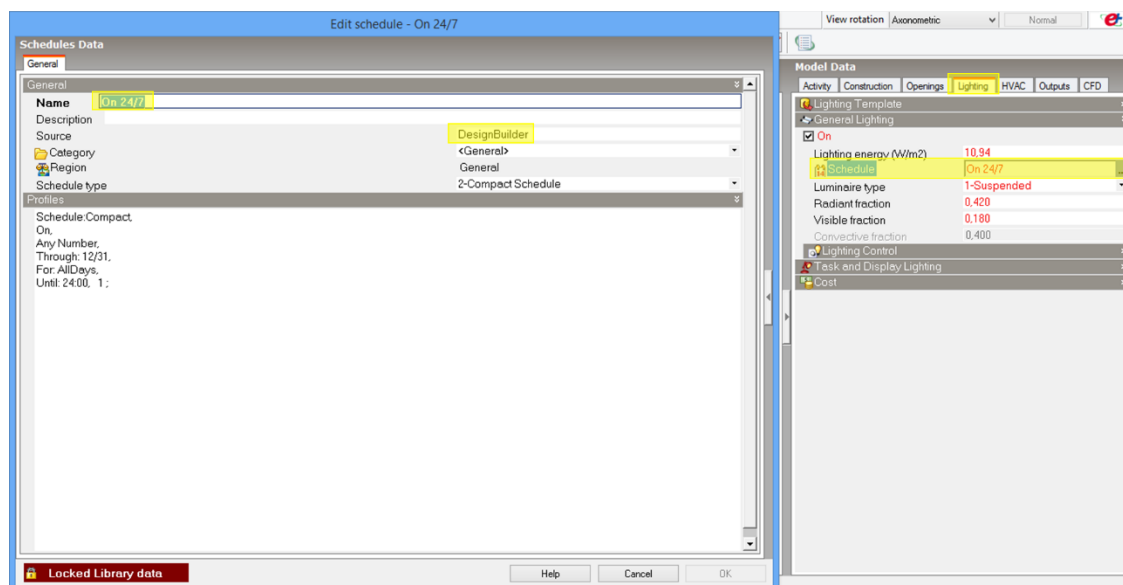


Imagem199 Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (3) no DesignBuilder

A Imagem 200 descreve o perfil de operação da iluminação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas, que tem por base o *template* de atividade “Estacionamento_ 10 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito do RSECE. Assim, este perfil de funcionamento da iluminação traduz-se no *schedule* “Estacionamento_ 10 horas/dia (segunda a sexta) Iluminação RSECE” e é característica única e pontual da zona de estacionamento do piso -1 (25.-1 Estacionamento). Este perfil estabelece que, tal como descrito no levantamento, em todos os dias úteis entre as 08:00 e as 18:00 horas a percentagem de operação da iluminação nestas zonas é de 100%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe funcionamento dos sistemas de iluminação nas zonas que o presente perfil representa. Para efeitos da sua caracterização, o presente perfil pode ser também representado pela Imagem 157.

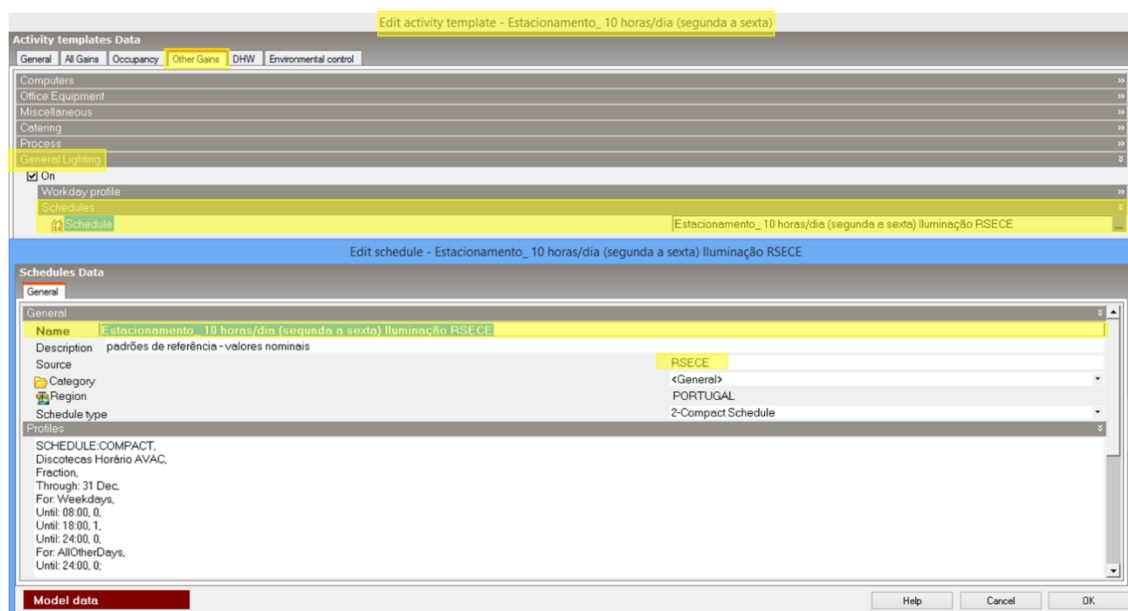


Imagem200 Perfil de Operação da Iluminação de Segunda a Sexta das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder

Para concluir a caracterização dos perfis de operação dos sistemas de iluminação, é importante relembrar que, à exceção das ZNU do edifício Central e da Reitoria, todas as restantes zonas com ou sem ocupação possuem sistemas de iluminação e, portanto, são caracterizáveis quanto ao seu perfil de operação da iluminação.

A preparação de AQS no edifício Central e da Reitoria é só caracterizada por um perfil de operação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas. Tal como já descrito na subsecção 3.2.6., a preparação de AQS só foi considerada num dos espaços do edifício para apoio do trabalho executado na copa e, consequentemente, no bar do piso 0. Este perfil de operação da AQS resultou dos dados recolhidos durante a observação no local e do cruzamento destes com a tipologia das zonas servidas por este sistema e onde esta preparação acontece. Assim, o perfil de funcionamento do sistema de produção AQS de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas é característica única e pontual da copa do piso 0 (25.1.2 Copa). A Imagem 201 descreve este perfil de funcionamento, o qual tem por base o *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito do RSECE.

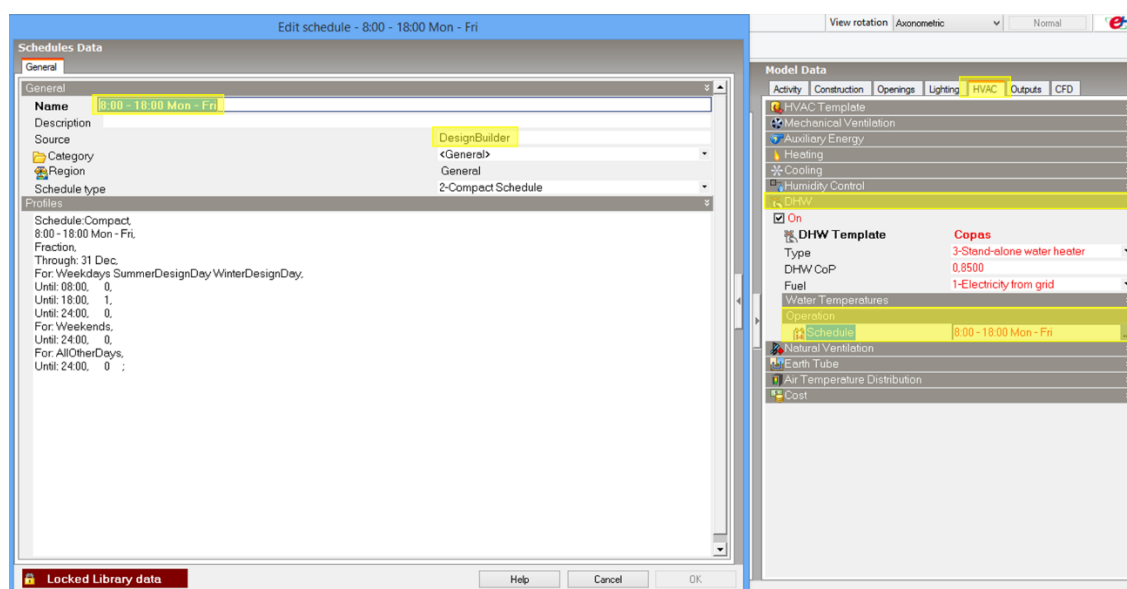


Imagem201 Perfil de Funcionamento do Sistema de Produção AQS de Segunda a Sexta-Feira das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder

Em concordância com os perfis de ocupação e de operação da iluminação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas e das 10:00 às 18:00 horas respetivamente, o presente perfil estabelece que em todos os dias úteis entre as 08:00 e as 18:00 horas a percentagem de operação da preparação de AQS na zona que o mesmo representa é de 100%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe qualquer preparação de AQS. Tal como a Imagem 202 demonstra e à semelhança do referido na caracterização do perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas, associado ao *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito do RSECE o *schedule* da preparação de AQS (em inglês DHW, Domestic Hot Water) traduz-se num perfil de segunda a sábado e não de segunda a sexta-feira. Contudo, em concordância com os perfis da zona onde ocorre a preparação (copa) e das zonas que a mesma serve (copa e bar) considerou-se que, ao contrário do estabelecido no *template* de atividade, a produção de AQS ocorre de segunda a sexta-feira.

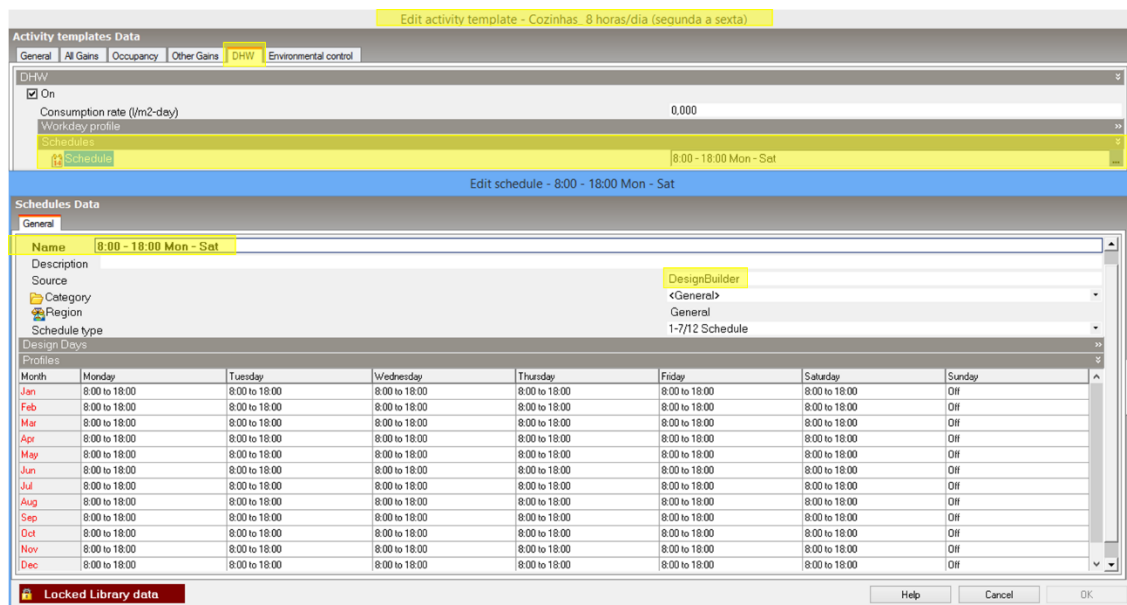


Imagem202 o h j o u

Por fim, os perfis de operação de equipamentos vigentes no edifício em análise resultaram da recolha de dados do levantamento e do cruzamento dos mesmos com a tipologia do edifício. Existem 5 perfis de funcionamento de equipamentos, 3 de segunda a domingo, 1 de segunda a sexta-feira e 1 uma vez por semana. De forma muito similar à dos perfis de ocupação e dos de operação da iluminação, também a maioria destes perfis tem por base os *schedules* no âmbito do RSECE associados ao *template* de atividade “Escritórios”, que o próprio *software* de SD DesignBuilder disponibiliza. A Imagem 203 exemplifica o que foi descrito.

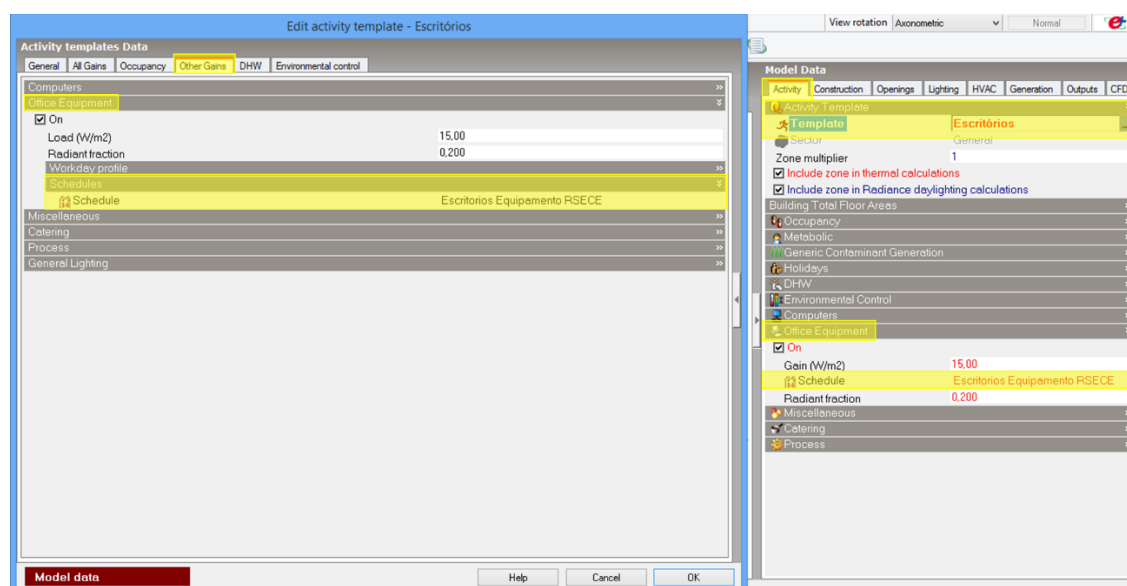


Imagem203 Caraterização dos Equipamentos no DesignBuilder

A Imagem 204 descreve o perfil de operação de equipamentos de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas que, tal como descrito no campo tipologia de atividade dos espaços presente no levantamento, tem por base o *template* de atividade “Armazéns_9 horas/dia (todos os dias)” no âmbito do RSECE. Este perfil é característica única e pontual da zona constituída por espaços não úteis de circulação e de arrumos do piso -1 (Espaços Não Úteis) e estabelece que em todos os dias do ano entre as 09:00 e as 18:00 horas a percentagem de funcionamento de equipamentos nessa zona é de 100% podendo, para efeitos da sua caracterização, ser também representado pela Imagem 150.

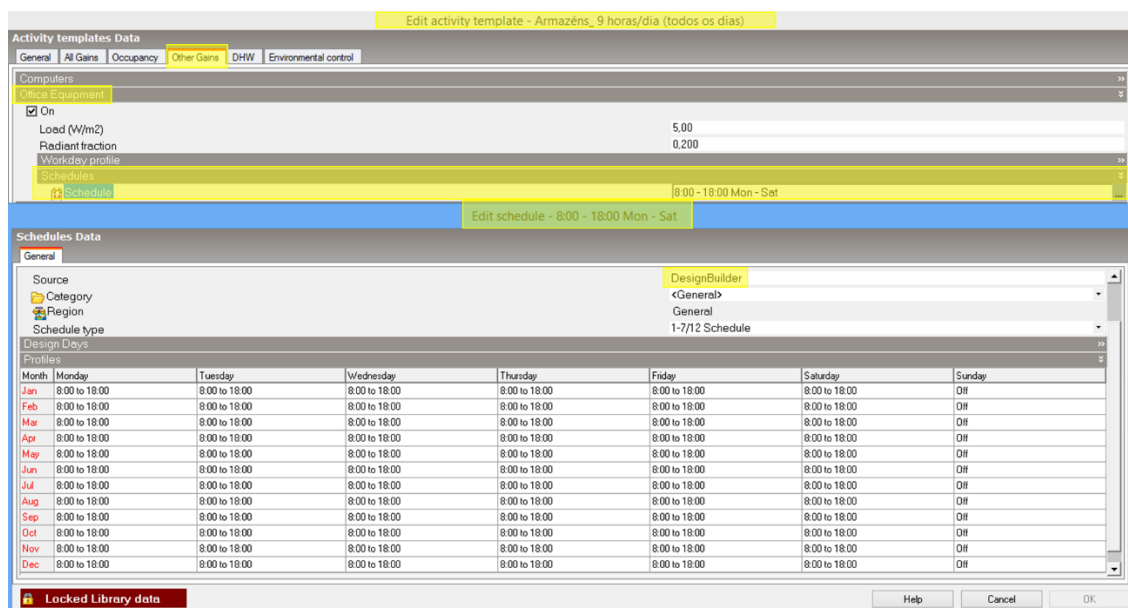


Imagem204 o

Tal como a Imagem 204 demonstra, associado ao *template* de atividade “Armazéns_9 horas/dia (todos os dias)” no âmbito do RSECE o *schedule* de operação de equipamentos traduz-se num perfil de segunda a sábado e não de segunda a domingo. Contudo, tendo em conta o que é referido no levantamento e em conformidade com o perfil de ocupação de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas considerou-se que, ao contrário do estabelecido no *template* de atividade, o funcionamento de equipamentos da zona de espaço não úteis do piso -1 ocorre de segunda a domingo.

A Imagem 205 e a Imagem 206 descrevem o perfil de operação de equipamentos de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (1), que tem por base o *schedule* “Escritórios Equipamento RSECE” (Imagem 203). Este perfil é característica única e pontual da zona de centrais de segurança do piso -1 (25.-1.1 2 Centrais de Segurança) e estabelece que, tal como descrito no levantamento, em todos os dias do ano 24 horas por dia existe funcionamento de equipamentos nessa zona, com as percentagens de operação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a operação da iluminação é mais significativa situa-se entre as 07:00 e as 19:00 horas de dias úteis.

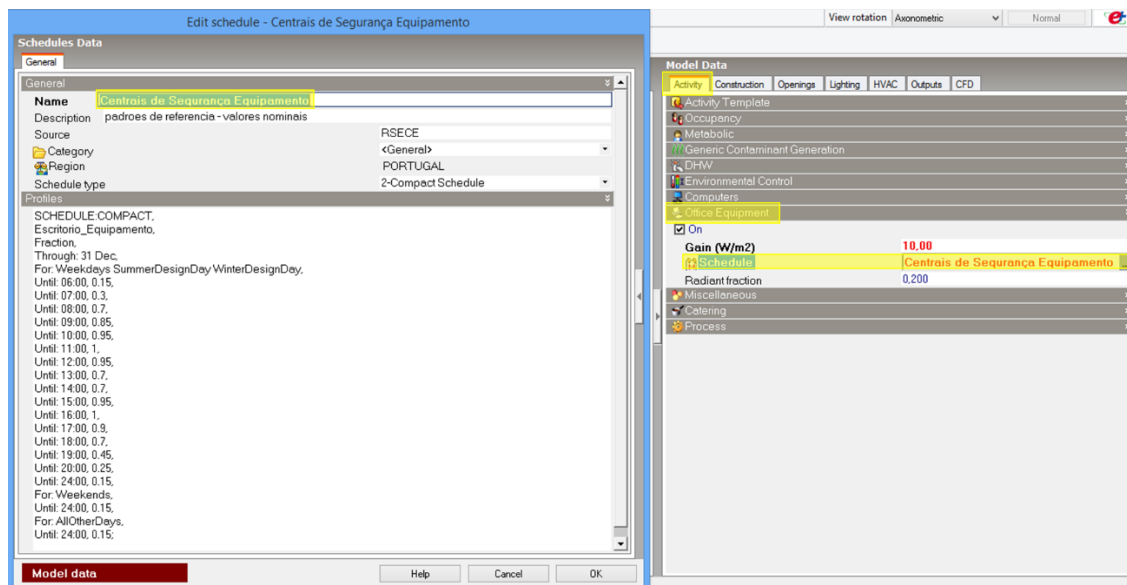


Imagem205 Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (1) no DesignBuilder

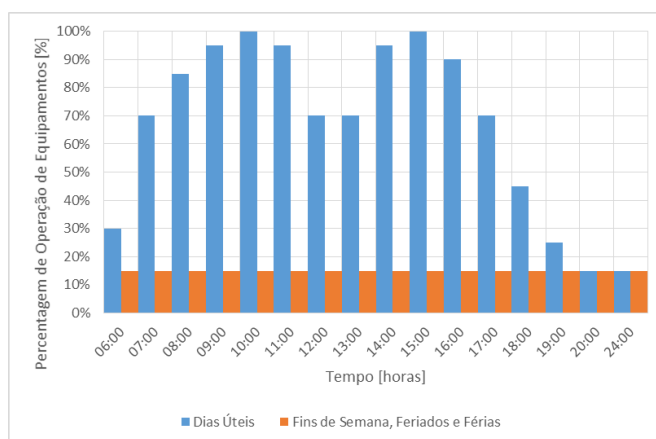


Imagem206 Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (1)

Da mesma forma que o perfil de ocupação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas se relaciona com o perfil de ocupação das 06:00 às 20:00 horas ou da mesma forma que o perfil de operação da iluminação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (1) se relaciona com o perfil de operação da iluminação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (2), o presente perfil relaciona-se com o perfil de operação de equipamentos das 00:00 às 24:00 horas (2) que será de seguida caracterizado. Os períodos em que a percentagem de funcionamento de equipamentos difere entre estes perfis são nos feriados e férias. Nestes períodos o perfil em caracterização apresenta uma percentagem de operação de 15%, enquanto o perfil que se segue apresenta percentagem nula. A introdução da percentagem referida nos períodos referidos foi a solução encontrada para representar o perfil das centrais de segurança, que se caracteriza por apresentar ocupação todos os dias 24 horas por dia, o que se traduz na constante operação dos seus equipamentos.

A Imagem 207 e a Imagem 208 descrevem o perfil de operação de equipamentos de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (2), que consiste no *schedule* “Escritorios Equipamento RSECE” (Imagem 203). Este perfil de funcionamento de equipamentos é o mais comum dos 5 perfis vigentes no edifício Central e da Reitoria e estabelece que em todos os dias úteis e nos fins-de-semana 24 horas por dia existe funcionamento de equipamentos nas zonas que o mesmo caracteriza, com as percentagens de operação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a operação de equipamentos é mais significativa situa-se entre as 07:00 e as 19:00 horas de dias úteis. Durante os feriados e as férias não existe operação de equipamentos.

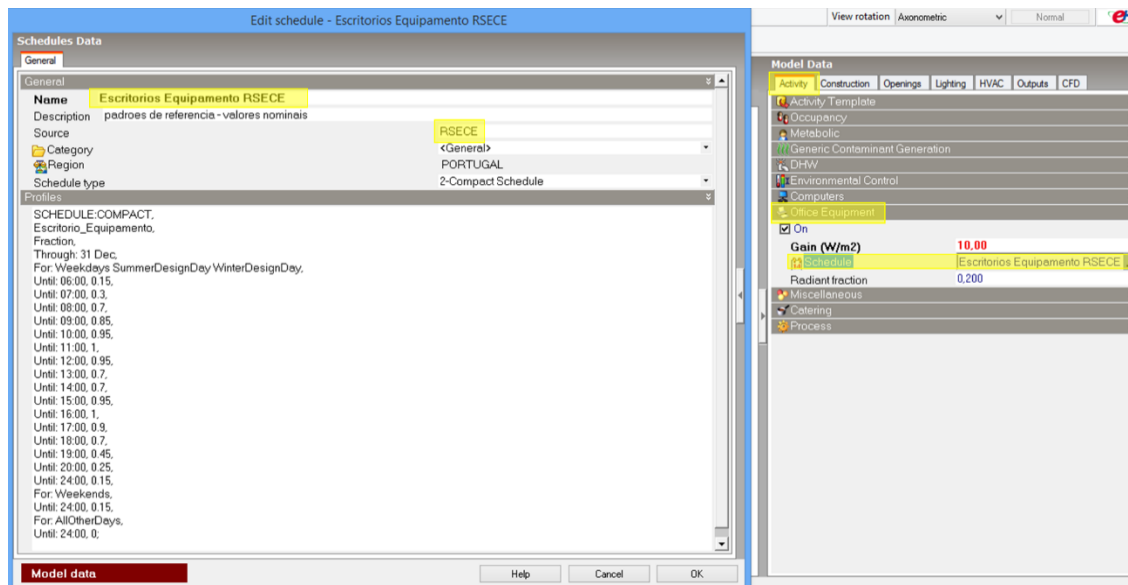


Imagem207 Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2) do DesignBuilder

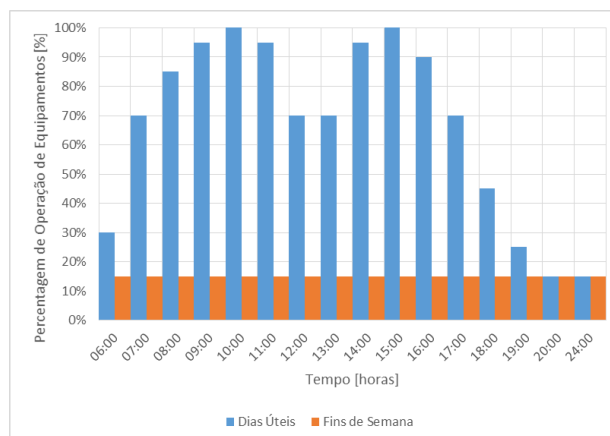


Imagem208 Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2)

A Imagem 209 descreve o perfil de operação de equipamentos de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas, que tem por base o *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito

do RSECE. Este perfil de funcionamento de equipamentos é característica única e pontual da zona do bar do piso 0 (25.1.25 Bar) e estabelece que em todos os dias úteis entre as 08:00 e as 18:00 horas a percentagem de funcionamento de equipamentos nessa zona é de 100%. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe operação de equipamentos. Para efeitos da sua caracterização, o presente perfil pode ser também representado pela Imagem 157.

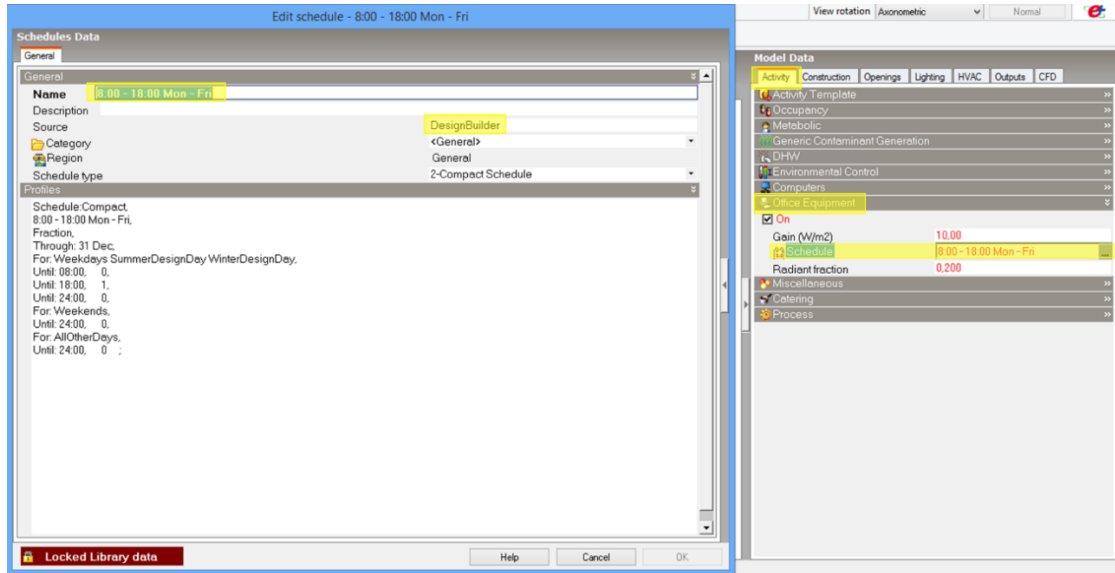


Imagem209 Perfil de Operação de Equipamentos de Segunda a Sexta das 08:00 às 18:00 Horas no DesignBuilder

Tal como a Imagem 210 demonstra, associado ao *template* de atividade “Cozinhas_ 8 horas/dia (segunda a sexta)” no âmbito do RSECE o *schedule* de operação de equipamentos traduz-se num perfil de segunda a sábado e não de segunda a sexta-feira. Contudo, tendo em conta o que é referido no levantamento e em conformidade com o perfil de ocupação de segunda a sexta-feira das 08:00 às 18:00 horas considerou-se que, ao contrário do estabelecido no *template* de atividade, o funcionamento de equipamentos no bar ocorre de segunda a sexta-feira.

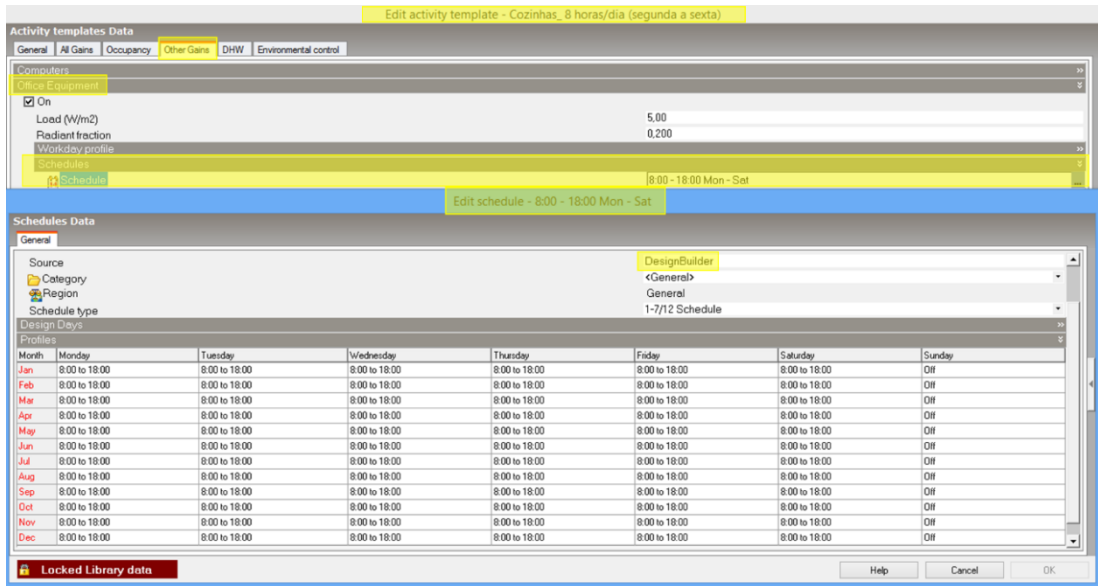


Imagem210 o

A Imagem 211 e a Imagem 212 descrevem o perfil de operação de equipamentos uma vez por semana das 13:00 às 24:00 horas, que tem por base o *schedule* “Escritórios Equipamento RSECE” (Imagem 203). À semelhança dos perfis de ocupação e dos de operação de aberturas, da climatização, da ventilação e da iluminação uma vez por semana, este perfil de funcionamento de equipamentos caracteriza as zonas do edifício Central e da Reitoria que apresentam uma ocupação ocasional e irregular, o que se traduz numa operação de equipamentos também ela ocasional e irregular. Posto isto, o presente perfil estabelece que uma vez por semana, só em dias úteis, entre as 13:00 e as 24:00 horas existe funcionamento de equipamentos nas zonas que o mesmo caracteriza com as percentagens de operação indicadas nas imagens. O período de tempo em que a operação de equipamentos é mais significativa situa-se entre as 13:00 e as 19:00 horas. Durante os fins de semana, feriados e férias não existe operação de equipamentos nessas zonas. A lógica por detrás da conceção deste perfil é idêntica à descrita na caracterização do perfil de ocupação uma vez por semana das 13:00 às 20:00 horas.

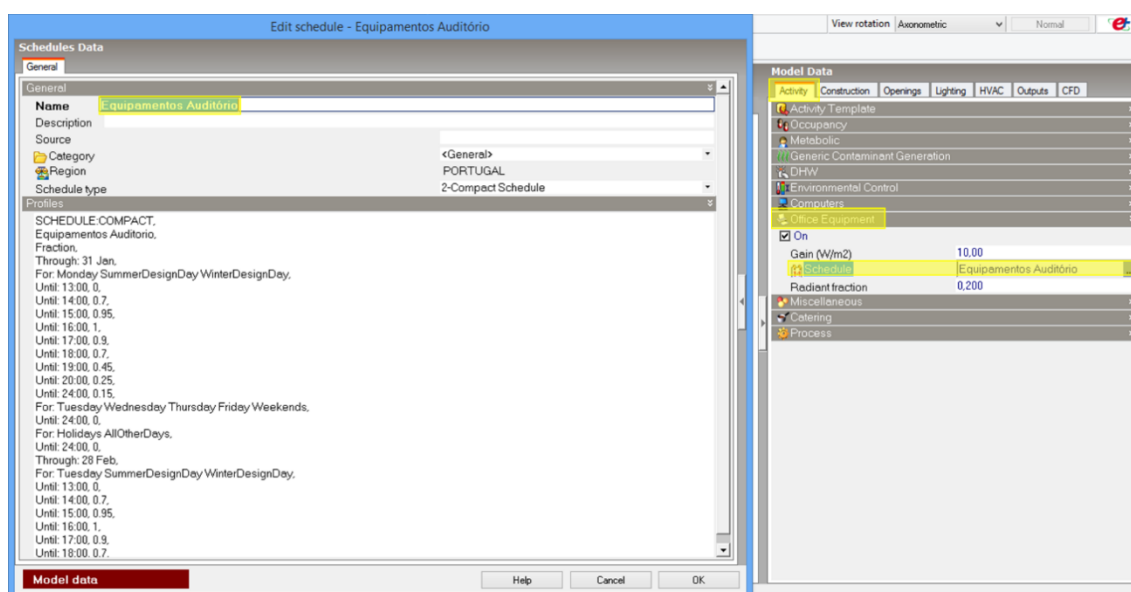


Imagem211 Perfil de Operação de Equipamentos Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas no DesignBuilder

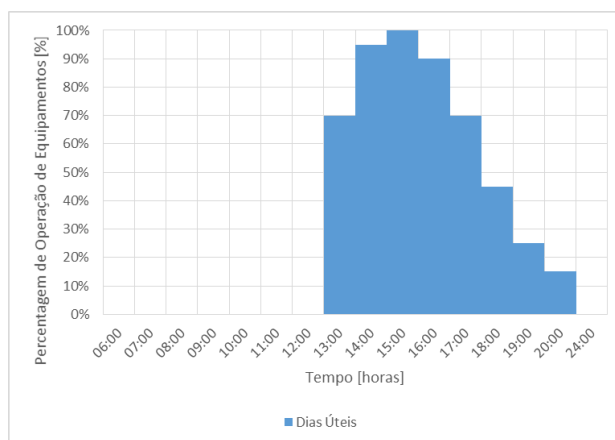


Imagem212 Perfil de Operação de Equipamentos Uma Vez por Semana das 13:00 às 24:00 Horas

Para concluir a caracterização dos perfis de operação de equipamentos, é importante referir que todas as zonas que não possuem ocupação também não possuem equipamentos. Não existindo zonas sem ocupação com equipamentos, nem zonas com ocupação sem equipamentos.

Concluída a caracterização dos perfis de ocupação do edifício Central e da Reitoria e dos perfis de operação dos seus componentes, percebe-se que o período das 08:00 às 19:00 horas é aquele que apresenta ocupação e operação dos componentes com mais frequência. Apesar de o atendimento ao público se limitar ao período compreendido entre as 09:00 às 17:00 horas, as restantes horas correspondem a trabalho administrativo. Relativamente aos períodos de interrupção, consideraram-se 10 dias de feriado, 2 dias de ponto e 17 dias de férias. Estes períodos resultaram da análise dos feriados nacionais e municipais em 2015, bem como da análise dos períodos de encerramento das instalações da UA, principalmente dos serviços prestados no edifício Central e da Reitoria, anunciados. Na Imagem 213 encontram-se descritos os 29 dias totais de interrupção do normal funcionamento do edifício em análise.

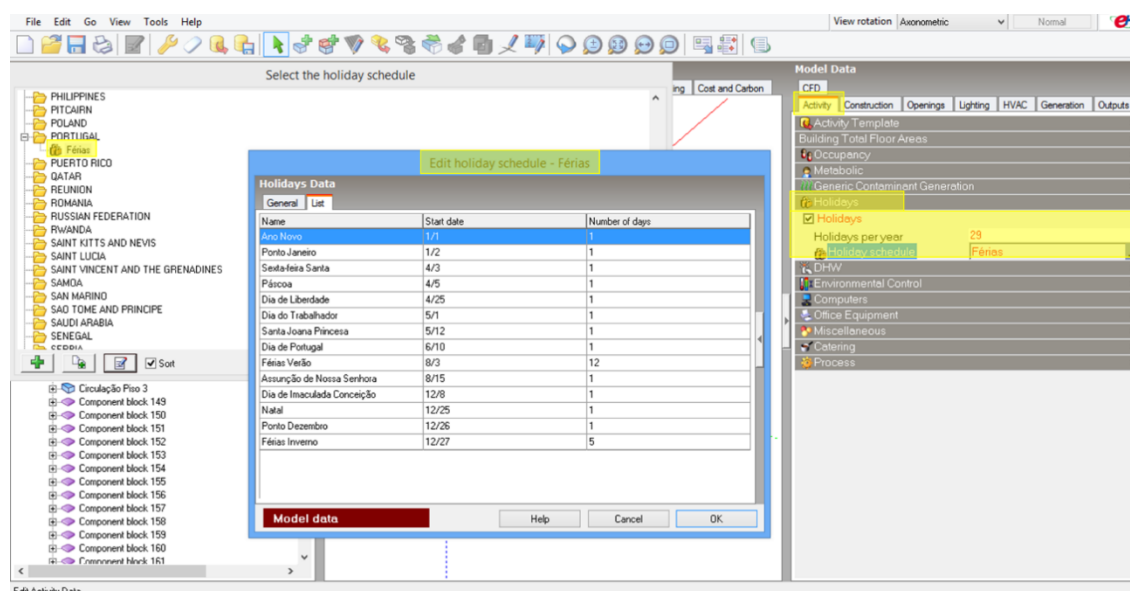


Imagem213 Descrição dos Períodos de Interrupção da Operação do Edifício Central e da Reitoria no DesignBuilder

Assim dos 10 feriados 9 correspondem aos feriados nacionais e 1 ao feriado municipal em Aveiro, este último que se comemora a 12 de maio o dia de Santa Joana Princesa. (Online24, 2014; Público, 2014) Os 19 dias de ponto e férias tiveram por base a informação contida no Anexo 9 e que se resume no encerramento durante o período compreendido entre o Natal e o Ano Novo, bem como durante a primeira quinzena de agosto e na tolerância de ponto nos dias 26 de dezembro e 2 de janeiro.

3.2.8.Zonamento Térmico

Tal como já foi referido na subsecção 3.2.2., o edifício Central e da Reitoria é constituído por 248 espaços (244 úteis e 4 não úteis). No âmbito da SD, quanto menos espaços forem representados menor é a duração da simulação e, neste sentido, surge o zoneamento térmico. O zoneamento térmico do edifício em análise, que será na presente subsecção relatado, foi realizado piso a piso. Na caracterização dos espaços, que

posteriormente permitiu a caracterização das ZT, teve-se por base os dados disponibilizados no levantamento. Para efeitos de introdução destes dados no *software* de SD, muitas vezes foi necessário realizar cálculos simples como são exemplo as as equações (10), (11), (12) e (16). Estas equações foram aplicadas a cada espaço individualmente e, após de detetadas as semelhanças entre espaços próximos e presentes no mesmo piso, ao conjunto de espaços que constituem a mesma ZT. A equação (18) traduz a aplicação das equações referidas ao conjunto de espaços que constituem a mesma ZT.

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{V_{\text{total}}} \cdot \frac{A_i}{A_{\text{total}}} \cdot \frac{C_i}{C_{\text{total}}}}{\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{V_{\text{total}}} \cdot \frac{A_i}{A_{\text{total}}} \cdot \frac{C_i}{C_{\text{total}}}} = \frac{C_i}{C_{\text{total}}} \quad (18)$$

Neste caso a equação (18) exemplifica o cálculo da densidade de ocupação, mas o mesmo raciocínio foi aplicado para o cálculo da DPI e da densidade de potência dos equipamentos.

No piso -1 existe um total de 35 espaços; arrumos, arquivos, auditório, casas-de-banho, centrais de segurança, correios, espaços de circulação, estacionamento, salas do gerador, do posto de transformação e de quadros elétricos. Com o zoneamento térmico foi possível reduzir-se estes espaços a 21 ZT, tal como a Imagem 214 demonstra.

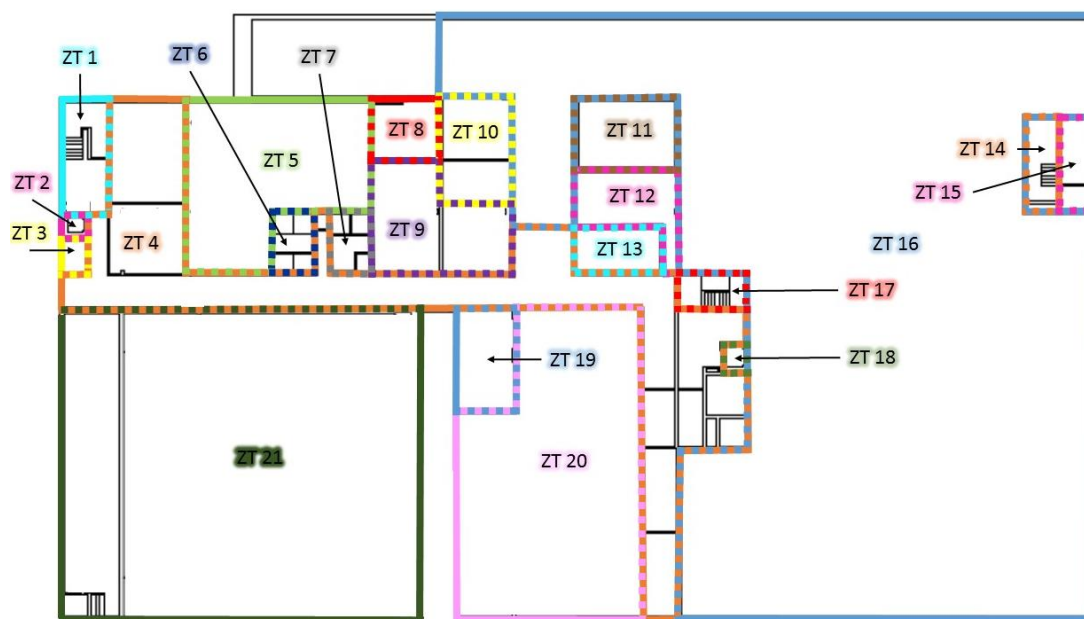


Imagem214 Zoneamento Térmico Piso

Antes de iniciar a caracterização das diferentes ZT, é importante referir que as ZT 1, 2, 14, 17, 18 e 21 são zonas comuns a todos os pisos e portanto é relevante caracteriza-las relativamente à orientação/exposição solar. Contudo e tendo em conta o piso em análise, o mesmo não é aplicável às restantes ZT. Sem prejuízo do que foi referido, a ZT 21 só é comum aos pisos -1, 0 e 1.

A ZT 1 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 14 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 112 W e uma DPI de $1,01 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 1114,12 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N e a S.

A ZT 2 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, durante 24 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 14 W e uma DPI de $10,94 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N e a poente.

A ZT 3 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,24 \text{ ocupante} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 41 W e uma DPI de $9,93 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 41,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação a nascente e a N.

A ZT 4 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,01 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 1189 W e uma DPI de $4,34 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 269,9 W, que perfaz uma densidade de potência de, aproximadamente, $1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação a nascente, a N, a poente e a S.

A ZT 5 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;

- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 200 lux, perfazendo uma potência total de 697 W e uma DPI de $5,39 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação a nascente e a S.

A ZT 6 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,17 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 48 W e uma DPI de $4,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 118,9 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 7 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 48 W e uma DPI de $3,64 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 132 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 8 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 164 W e uma DPI de $8,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação a nascente e a S.

A ZT 9 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 7 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 616 W e uma DPI de $9,85 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 625,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização, porém Q_{AN} igual a $324 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$;

- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 10 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização permanente de segunda a domingo, durante 24 horas, com 5 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,14 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 616 W e uma DPI de $16,66 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 369,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por uma unidade *split* com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, ausência de ventilação apesar de Q_{AN} igual a $180 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 11 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 246 W e uma DPI de $7,31 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Sistema de ventilação de insuflação e extração, sem necessidade de tratamento do ar e Q_{AN} ;
- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 12 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 82 W e uma DPI de $2,48 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Climatização garantida por uma unidade *split* com 0 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, ausência de ventilação;
- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 13 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 41 W e uma DPI de $2,13 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 14 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 10 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,17 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 112 W e uma DPI de $1,95 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 589,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 15 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,16 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 28 W e uma DPI de $2,18 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 128,2 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação a poente e a S.

A ZT 16 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a sexta-feira, entre as 8 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 1845 W e uma DPI de $1,47 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ventilação de extração e ventilação natural, ausência de sistema de climatização e Q_{AN} ;
- ◁ Orientação a nascente, a N, a poente e a S.

A ZT 17 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 10 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 98 W e uma DPI de $1,87 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 525,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 18 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, durante 24 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 123 W e uma DPI de $2,45 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 19 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 200 lux, perfazendo uma potência total de 164 W e uma DPI de $5,62 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação não aplicável.

A ZT 20 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 200 lux, perfazendo uma potência total de 1517 W e uma DPI de $5,80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação a N e a poente.

A ZT 21 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 43 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,1 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halogéneo sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 7205 W e uma DPI de $16,88 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 4267,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chiller* reversível, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, e duas UTA (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação e o Q_{AN} de $1296 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por estas unidades;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N e a poente.

No piso 0 existe um total de 48 espaços; arrumos, arquivos, auditório, bar, casas-de-banho, copa, despensa, espaços do tipo *courtyard*, espaços de circulação, gabinetes e salas de apoio, de atos solenes, de tradução e do senado. Destes 48 espaços 9 já foram analisados no zoneamento do piso -1. Com o zoneamento térmico foi possível reduzir-se estes espaços a 33 ZT, tal como a Imagem 215 demonstra. Destas 33 ZT 6 correspondem aos 9 espaços referidos anteriormente; ZT 1, 2, 14, 17, 18 e 21.

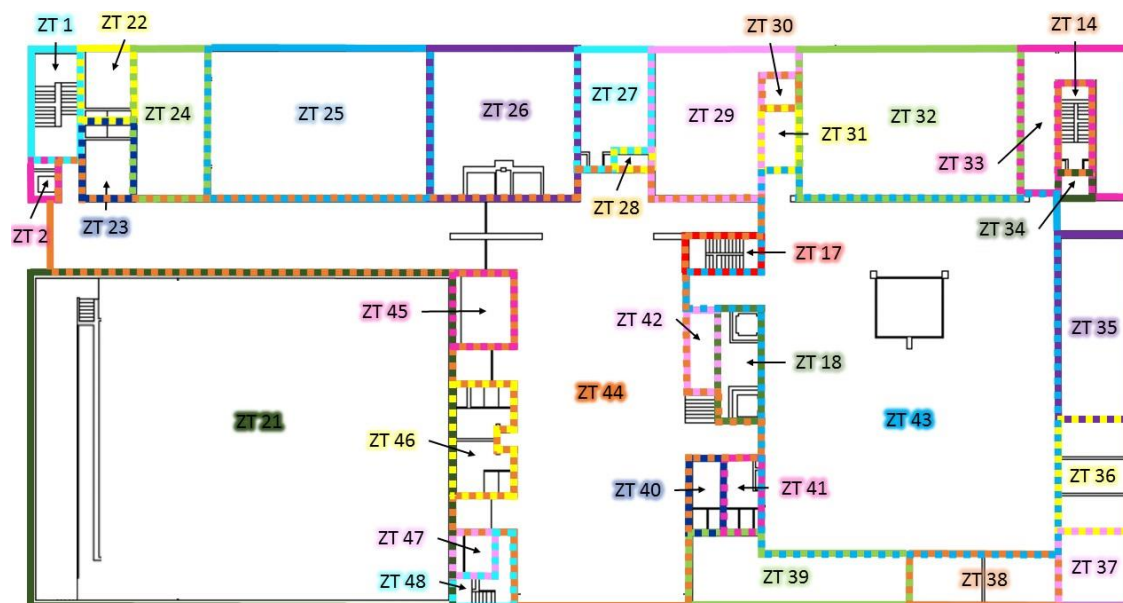


Imagem215 Zoneamento Térmico Piso 0

Antes de iniciar a caracterização das diferentes ZT do piso 0, é importante referir que as ZT 28 e 44 são comuns aos pisos 0, 1, 2 e 3, a ZT 43 aos pisos 0, 1 e 2 e a ZT 48 aos pisos 0 e 2 (pisos intermédios). Tendo em conta o piso em análise, é relevante caracterizar todas as ZT quanto à orientação/exposição solar. O que fora referido é aplicável nos pisos que se seguem na presente subsecção.

A ZT 22 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,14$ ocupantes·m⁻²;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 186 W e uma DPI de $12,78$ W·m⁻²;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 145,5 W, que perfaz uma densidade de potência de 10 W·m⁻²;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 23 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,14$ ocupantes·m⁻²;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 186 W e uma DPI de $12,70$ W·m⁻²;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 146,5 W, que perfaz uma densidade de potência de 10 W·m⁻²;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 24 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 5 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 310 W e uma DPI de $6,83 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 453,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por duas UTAN (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação assegurada por estas unidades apesar de Q_{AN} igual a $0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 25 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 14 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,1 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 93 W e uma DPI de $0,67 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 1394 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por duas UTAN (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação e o Q_{AN} de $432 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por estas unidades;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 26 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 11 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 586 W e uma DPI de $6,60 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 888,2 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por duas UTAN (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação e o Q_{AN} de $324 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por estas unidades;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 27 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 4 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 186 W e uma DPI de $5,68 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 327,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $180 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 28 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 195 W e uma DPI de $30,05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 29 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 8 e as 18 horas, com 8 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 465 W e uma DPI de $6,37 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 730,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 20 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $288 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 30 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a sexta-feira, entre as 8 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 200 lux, perfazendo uma potência total de 41 W e uma DPI de $8,51 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 31 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a sexta-feira, entre as 8 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 200 lux, perfazendo uma potência total de 82 W e uma DPI de $9,06 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Produção de AQS, ausência de ventilação e climatização ambiente;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 32 apresenta as seguintes características:

- ⟨ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 15 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 930 W e uma DPI de $6,56 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Potência total devida a equipamentos de 1417,1 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por duas UTAN (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação e o Q_{AN} de $450 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por estas unidades;
- ⟨ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 33 apresenta as seguintes características:

- ⟨ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 93 W e uma DPI de $3,55 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Potência total devida a equipamentos de 262 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ⟨ Orientação e exposição solar a nascente, a poente e a S.

A ZT 34 apresenta as seguintes características:

- ⟨ Utilização disponível de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ⟨ Ausência de iluminação;
- ⟨ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ⟨ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ⟨ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 35 apresenta as seguintes características:

- ⟨ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 770 W e uma DPI de $13,88 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Potência total devida a equipamentos de 554,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ⟨ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $288 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ⟨ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 36 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 462 W e uma DPI de $14,53 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 318 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $216 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 37 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,14 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $14,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 219,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $108 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N, a poente e a S.

A ZT 38 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 616 W e uma DPI de $30,43 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 202,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $108 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 39 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 924 W e uma DPI de $17,38 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Potência total devida a equipamentos de 531,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $252 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 40 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,1 \text{ ocupante}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 186 W e uma DPI de $18,60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 100 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 41 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,1 \text{ ocupante}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 186 W e uma DPI de $19,94 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 93,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 42 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 14 W e uma DPI de $1,32 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 106,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 43 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 49 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de iodetos metálicos sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 330 W e uma DPI de $0,68 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 4875 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chiller* e uma caldeira, com 20 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por duas UTAN (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação assegurada por estas unidades apesar de Q_{AN} igual a $0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 44 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 52 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,1 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halogéneo sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 1815 W e uma DPI de $3,60 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 5037,98 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N e a poente.

A ZT 45 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 186 W e uma DPI de $11,05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 168,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 46 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 4 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 496 W e uma DPI de $19,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 258,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 47 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,18 \text{ ocupante} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 93 W e uma DPI de $17,10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 54,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;

- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 48 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 4 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 189 W e uma DPI de $5,43 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 348 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

No piso 1 existe um total de 63 espaços; arrumos, arquivos, auditório, camarins, casas-de-banho, espaços do tipo *courette*, espaços de circulação, gabinetes, salas de reunião e *reggie*. Destes 63 espaços 14 já foram analisados no zoneamento dos pisos -1 e 0. Com o zoneamento térmico foi possível reduzir-se estes espaços a 38 ZT, tal como a Imagem 216 demonstra. Destas 38 ZT 10 correspondem aos 14 espaços referidos anteriormente; ZT 1, 2, 14, 17, 18, 21, 28, 43, 44 e 48.

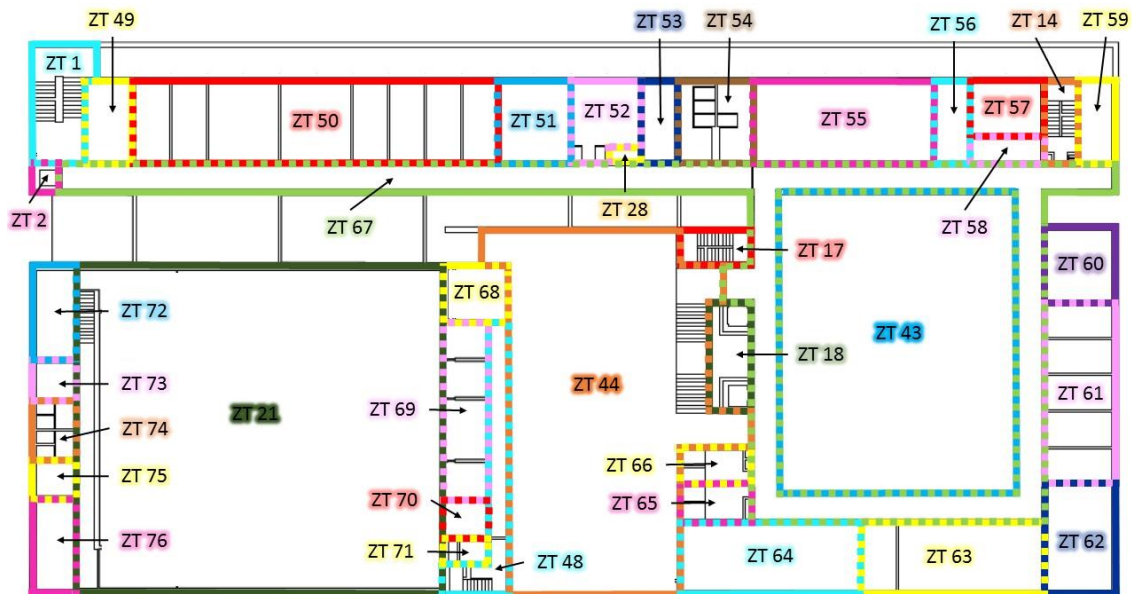


Imagem216 Zoneamento Térmico Piso 1

A ZT 49 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $8,49 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Potência total devida a equipamentos de 181,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação assegurada por estas unidades apesar de Q_{AN} igual a $0 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 50 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 18 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 1540 W e uma DPI de $11,45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 1344,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $684 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 51 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,21 \text{ ocupante}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $64,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 47,9 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 20 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação assegurada por estas unidades apesar de Q_{AN} igual a $0 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 52 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $13,41 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 229,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $108 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 53 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $11,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 133 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 54 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 5 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 224 W e uma DPI de $6,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 371 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 55 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 7 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,10 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 770 W e uma DPI de $11,05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 696,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $360 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 56 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $11,61 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 132,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 57 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 77 W e uma DPI de $4,13 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 186,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $108 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 58 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupante} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $39,29 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 186,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 59 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,17 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $13,05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 118 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a poente e a S.

A ZT 60 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,14 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $14,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 216,2 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $108 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 61 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 8 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 616 W e uma DPI de $14,53 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 424 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $288 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 62 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 4 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 462 W e uma DPI de $13,89 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 332,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $180 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N, a poente e a S.

A ZT 63 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 770 W e uma DPI de $14,16 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 543,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $288 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 64 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 770 W e uma DPI de $14,03 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 649 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $288 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 65 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 70 W e uma DPI de $6,75 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 103,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 66 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 70 W e uma DPI de $6,75 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 103,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 67 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 23 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,10 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 837 W e uma DPI de $3,80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 2200,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 20 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por duas UTAN (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação assegurada por estas unidades apesar de Q_{AN} igual a $0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação e exposição solar a N, a poente e a S.

A ZT 68 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 92 W e uma DPI de $6,93 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 132,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chiller* reversível, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, e duas UTA (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por estas unidades;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N e a S.

A ZT 69 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 5 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 56 W e uma DPI de $1,67 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 335,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chiller* reversível, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, e duas UTA (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação e o Q_{AN} de $180 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por estas unidades;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 70 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,14 \text{ ocupante} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 14 W e uma DPI de $1,96 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 71,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chiller* reversível, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, e duas UTA (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação e o Q_{AN} de $36 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por estas unidades;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 71 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,25 \text{ ocupante} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 14 W e uma DPI de $3,50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 40 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chiller* reversível, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, e duas UTA (uma de insuflação e outra de extração), sendo a ventilação assegurada por estas unidades apesar de Q_{AN} igual a $0 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 72 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas incandescentes sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 600 W e uma DPI de $35,59 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 168,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a N.

A ZT 73 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupante}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas incandescentes sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 240 W e uma DPI de $36,87 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 65,1 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a N.

A ZT 74 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,20 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 82 W e uma DPI de $8,38 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 97,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a N.

A ZT 75 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupante}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas incandescentes sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 240 W e uma DPI de $36,59 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Potência total devida a equipamentos de 65,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a N.

A ZT 76 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante uma vez por semana, entre as 14 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas incandescentes sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 600 W e uma DPI de $35,74 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 167,9 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N e a poente.

No piso 2 existe um total de 49 espaços; arrumos, arquivos, casas-de-banho, espaços do tipo *courrette* espaços de circulação, gabinetes e sala das máquinas. Destes 49 espaços 10 já foram analisados no zoneamento dos pisos -1 e 0. Com o zoneamento térmico foi possível reduzir-se estes espaços a 30 ZT, tal como a Imagem 217 demonstra. Destas 30 ZT 8 correspondem aos 10 espaços referidos anteriormente; ZT 1, 2, 14, 17, 18, 28, 43 e 44.

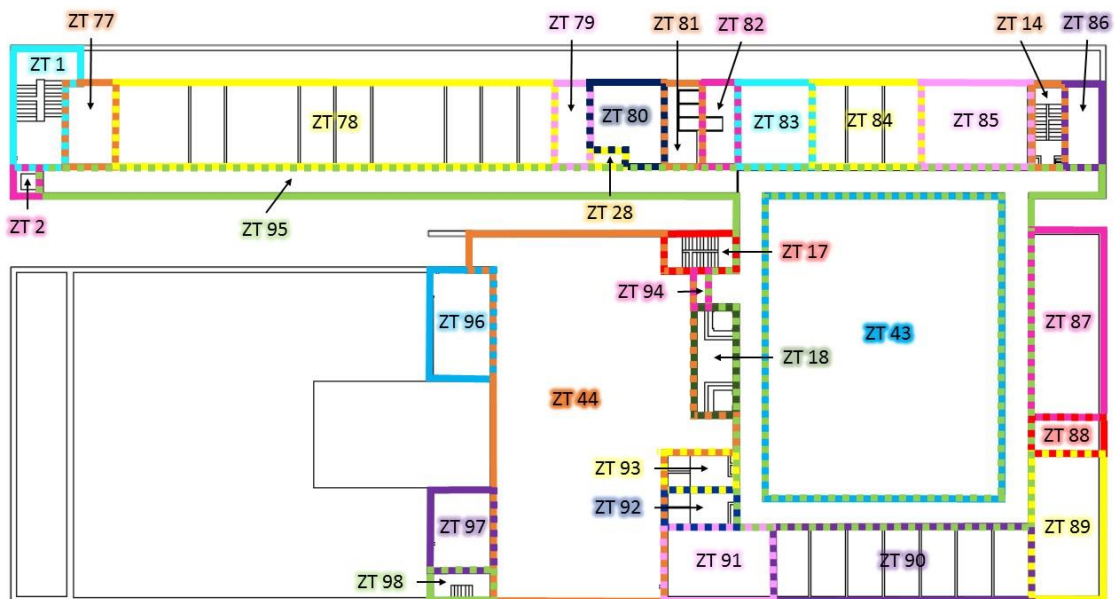


Imagem 217 Zoneamento térmico Piso 2

A ZT 77 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $8,49 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 181,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $180 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 78 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 21 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 1848 W e uma DPI de $11,46 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 1611,9 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $828 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 79 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $11,80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 130,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 80 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $13,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 231,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $108 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 81 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,17 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 112 W e uma DPI de $9,26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 120,9 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 82 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,16 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 112 W e uma DPI de $8,97 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 124,9 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 83 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $11,26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 273,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $144 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 84 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 462 W e uma DPI de $11,61 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 397,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $216 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 85 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 5 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 462 W e uma DPI de $11,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 412,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $216 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 86 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,17 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $13,05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 118 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a poente e a S.

A ZT 87 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 770 W e uma DPI de $13,88 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 554,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $288 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 88 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $14,53 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 106 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 89 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 5 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 462 W e uma DPI de $10,37 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 445,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $216 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N, a poente e a S.

A ZT 90 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 14 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 1078 W e uma DPI de $14,50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 743,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $504 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 91 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 4 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 462 W e uma DPI de $14,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

- ◁ Potência total devida a equipamentos de 323 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoints* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $144 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 92 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,20 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 70 W e uma DPI de $6,95 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 100,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 93 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 70 W e uma DPI de $6,78 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 103,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 94 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,51 \text{ ocupante}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 14 W e uma DPI de $7,11 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 19,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 95 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 23 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,10 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 868 W e uma DPI de $3,95 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 2199,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 20 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação assegurada por esta unidade apesar de Q_{AN} igual a 0 m³·h⁻¹;
- ◁ Orientação e exposição solar a N, a poente e a S.

A ZT 96 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Ausência de iluminação;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a N.

A ZT 97 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Ausência de iluminação;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a N.

A ZT 98 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;
- ◁ Ausência de iluminação;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N e a poente.

No piso 3 existe um total de 53 espaços; arrumos, casas-de-banho, copa, espaços do tipo *courette* espaços de circulação, gabinetes e salas de reunião e da caldeira. Destes 53 espaços 9 já foram analisados no zoneamento dos pisos -1 e 0. Com o zoneamento térmico foi possível reduzir-se estes espaços a 30 ZT, tal como a Imagem 218 demonstra. Destas 30 ZT 7 correspondem aos 9 espaços referidos anteriormente; ZT 1, 2, 14, 17, 18, 28 e 44.

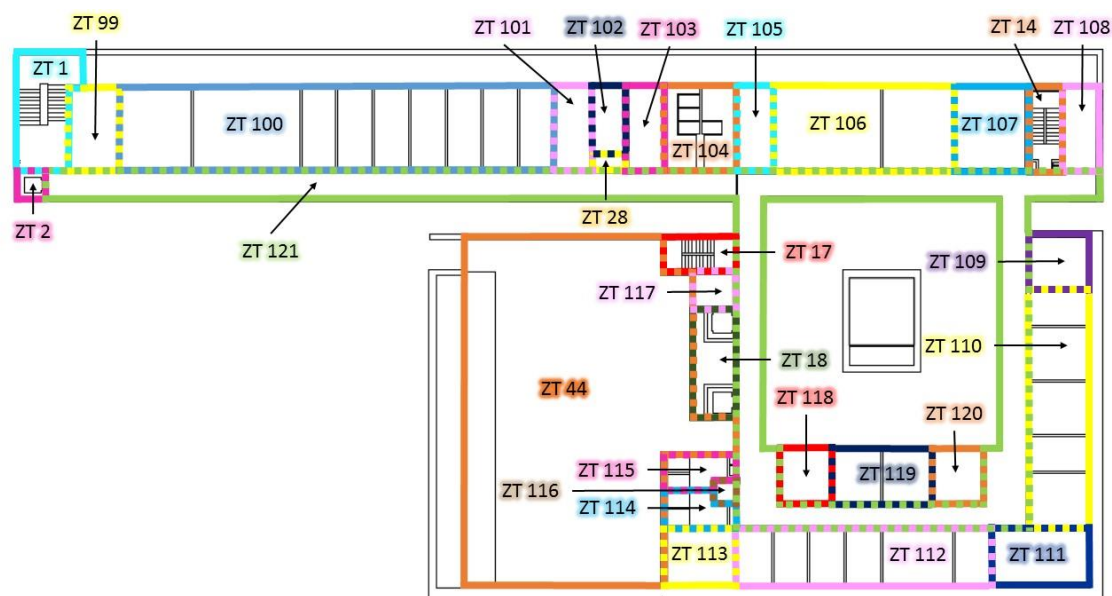


Imagem218 Zoneamento Térmico Piso 3

A ZT 99 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $8,49 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 181,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $108 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 100 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 22 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,14 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 1848 W e uma DPI de $11,53 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 1602,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $828 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 101 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $11,80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 130,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 102 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,19 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 14 W e uma DPI de $1,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 107,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 103 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $11,61 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 132,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 104 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 4 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,16 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 224 W e uma DPI de $9,11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 245,9 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;

- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 105 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $11,61 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 132,6 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 106 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 6 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 770 W e uma DPI de $16,62 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 463,2 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $252 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 107 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 308 W e uma DPI de $11,35 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 271,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $144 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 108 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização disponível de segunda a domingo, entre as 9 e as 18 horas, sem ocupação permanente;

- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastro eletromagnético garantindo os 300 lux, perfazendo uma potência total de 154 W e uma DPI de $13,05 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de equipamentos consumidores de energia;
- ◁ Ventilação natural, ausência de sistema de climatização e Q_{AN} ;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a poente e a S.

A ZT 109 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halógeno sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 495 W e uma DPI de $36,05 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 137,3 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 110 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 8 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,13 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halógeno sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 2035 W e uma DPI de $33,83 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 601,5 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $288 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a poente e a S.

A ZT 111 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 3 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,12 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halógeno sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 550 W e uma DPI de $21,34 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 257,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $144 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N, a poente e a S.

A ZT 112 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 7 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,11 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halogéneo sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 1925 W e uma DPI de 30,31 W·m⁻²;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 635,2 W, que perfaz uma densidade de potência de 10 W·m⁻²;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de 324 m³·h⁻¹ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 113 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de 0,11 ocupantes·m⁻²;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halogéneo sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 550 W e uma DPI de 30,93 W·m⁻²;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 177,8 W, que perfaz uma densidade de potência de 10 W·m⁻²;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de 72 m³·h⁻¹ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a N e a poente.

A ZT 114 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de 0,39 ocupante·m⁻²;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 14 W e uma DPI de 5,51 W·m⁻²;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 25,4 W, que perfaz uma densidade de potência de 10 W·m⁻²;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 115 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de 0,11 ocupante·m⁻²;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 56 W e uma DPI de 6,22 W·m⁻²;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 90 W, que perfaz uma densidade de potência de 10 W·m⁻²;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 116 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de 0,12 ocupante·m⁻²;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 56 W e uma DPI de 6,68 W·m⁻²;

- ◁ Potência total devida a equipamentos de 83,8 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ausência de ventilação e sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 117 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 1 ocupante, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,15 \text{ ocupante}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrônico garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 28 W e uma DPI de $4,29 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 65,2 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Ventilação de extração, ausência de sistema de climatização;
- ◁ Orientação e exposição solar não aplicáveis.

A ZT 118 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,16 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halogéneo sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 495 W e uma DPI de $40,02 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 123,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 119 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 4 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,17 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halogéneo sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 990 W e uma DPI de $41,01 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 241,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $144 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 120 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 2 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,16 \text{ ocupantes}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas de halogéneo sem balastro garantindo os 350 lux, perfazendo uma potência total de 495 W e uma DPI de $40,02 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 123,7 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;

- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 22 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação e o Q_{AN} de $72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ assegurados por esta unidade;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente e a S.

A ZT 121 apresenta as seguintes características:

- ◁ Utilização predominante de segunda a sexta-feira, entre as 9 e as 18 horas, com 23 ocupantes, o que perfaz uma densidade de ocupação de $0,10 \text{ ocupantes} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes compactas com balastro eletrónico garantindo os 25 lux, perfazendo uma potência total de 806 W e uma DPI de $3,63 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Potência total devida a equipamentos de 2219,4 W, que perfaz uma densidade de potência de $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- ◁ Climatização garantida por um *chillere* uma caldeira, com 20 e 25°C como *setpoint* de aquecimento e arrefecimento respetivamente, como também por uma UTAN de insuflação, sendo a ventilação assegurada por esta unidade apesar de Q_{AN} igual a $0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$;
- ◁ Orientação e exposição solar a nascente, a N, a poente e a S.

Algumas das ZT descritas apresentam iguais características entre si, como são exemplo as ZT 103 e 105. Contudo mantem-se duas zonas distintas por diversas razões. No caso específico das ZT mencionadas, existe um distanciamento entre as mesmas que torna inviável agrupar os espaços que as compõem numa só ZT. Noutras situações poderá verificar-se que os espaços que rodeiam determinada ZT são, caracteristicamente falando, diferentes dos espaços que rodeiam outra ZT em tudo idêntica à anterior como são exemplo as ZT 65 e 66, entre outras situações.

Tal como foi referido na subsecção 3.2.2., segue-se a revisão da marcação da envolvente opaca.

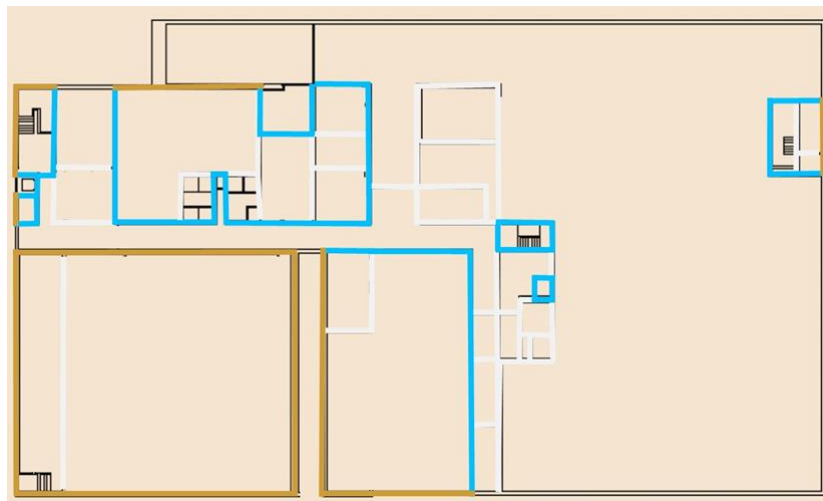


Imagem219 Revisão da Marcação da Envolvente4 Piso

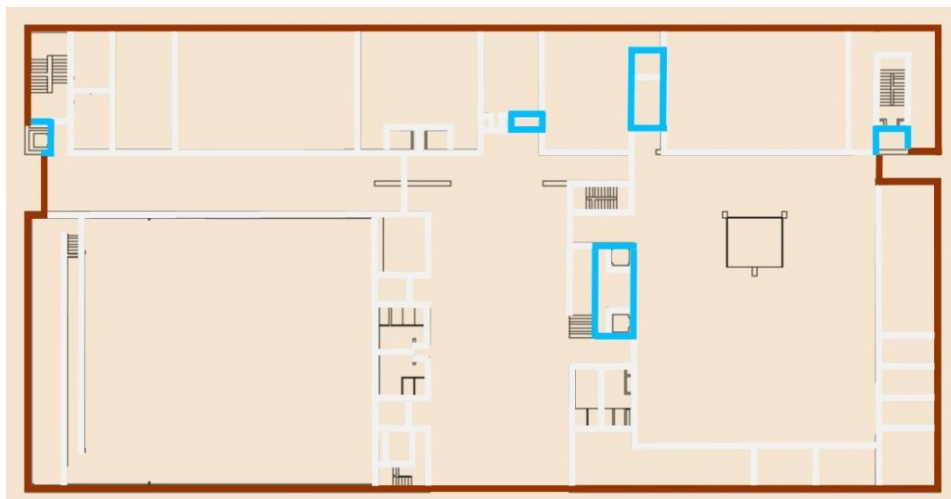


Imagem220 Revisão da Marcação da Envolvente Piso 0

À semelhança da subsecção 3.2.2, a Imagem 219 e a Imagem 220 apresentam, respetivamente, a revisão da marcação da envolvente no piso -1 e 0. A revisão elimina algumas semelhanças entre a marcação da envolvente nos restantes pisos e a marcação no piso 0 (Imagem 220), à exceção do piso 1 que é bem representado pela Imagem 220. A revisão da marcação da envolvente nos pisos 1, 2 e 3 pode ser analisada no Anexo 10. Também neste anexo é possível encontrar a revisão da marcação por alçado e segundo a imagem em corte do alçado NE. Contudo, apesar de após os levantamentos dimensionais e operacionais e a caracterização dos equipamentos e sistemas ser possível uma nova interpretação da envolvente opaca, o modelo do edifício Central e da Reitoria construído no *software* de SD teve em conta a inicial marcação da envolvente opaca. A inicial marcação da envolvente é fruto, principalmente, da informação fornecida pelo levantamento, que corresponde aos dados disponíveis como também à fonte de informação mais viável e coerente. Assim, apesar da nova interpretação da envolvente opaca, é a inicial interpretação com base no levantamento que prevalece e dá continuidade ao presente projeto.

3.3. Simulação Dinâmica em Condições Reais

A SD (simulação dinâmica) em condições reais, tal como já tem vindo a ser referido, foi possível graças à utilização do *software* DesignBuilder. No momento em se iniciou o presente trabalho de projeto a então versão mais atualizada em vigor do referido *software* consistia na versão beta 3.3.0.043. Entretanto várias atualizações ocorreram e o presente trabalho veio a finalizar com a utilização da versão beta 4.3.0.040, nesse momento já desatualizada pela versão beta 4.5.0.028.

Como resultado da SD em condições reais do edifício Central e da Reitoria, que por sua vez resulta da caracterização descrita no presente capítulo, obteve-se a distribuição da energia primária por unidade de área útil de pavimento (IEE) por vetor energético apresentada pela Imagem 221. Nesta imagem é possível verificar-se que o consumo de energia elétrica é notoriamente superior ao consumo de gás natural, $359\,440,05\text{ kWh}\cdot\text{ano}^{-1}$ e $64\,047,41\text{ kWh}\cdot\text{ano}^{-1}$ equivalentes, respetivamente, a $113,54\text{ kWh}_{EP}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{ano})^{-1}$ e $8,09\text{ kWh}_{EP}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{ano})^{-1}$. Estes consumos de energia resumem-se num IEE_{pr} de $121,63\text{ kWh}_{EP}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{ano})^{-1}$, determinado tendo em conta a A_p modelada de aproximadamente $7\,900\text{ m}^2$, os consumos por vetor energético referidos e os F_{pu} (fatores de conversão de energia útil para energia primária) para a energia

elétrica e gás natural de 2,5 e 1 kWh_{EP}·(kWh)⁻¹, respetivamente, facultados pelo despacho número 15793-D do pacote legislativo do SCE.

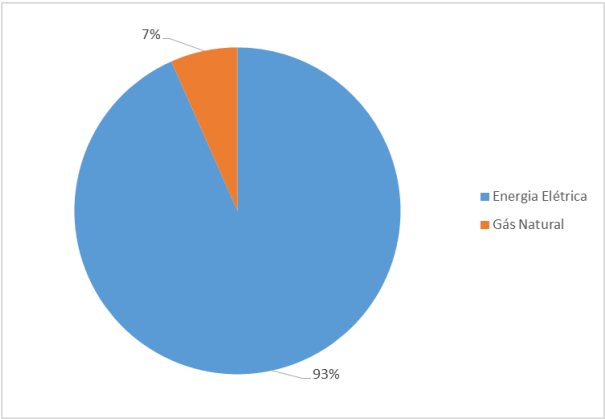


Imagem221 Distribuição de Consumo de Energia por Vetor Energético

Na Imagem 222 encontra-se a distribuição do consumo anual de energia elétrica por utilização final. Os equipamentos são os utilizadores finais que mais consomem energia elétrica, com um total de 155 954,68 kWh·ano⁻¹; seguidos dos sistemas de iluminação que são responsáveis por 133 146,02 kWh·ano⁻¹; das unidades de geração de frio para arrefecimento, às quais correspondem 48 403,83 kWh·ano⁻¹; dos elevadores com cerca de 9 924,00 kWh·ano⁻¹; dos sistemas auxiliares à climatização e à ventilação com um consumo de 9 337,04 kWh·ano⁻¹; e, por fim, da unidade de produção de calor para aquecimento e dos sistemas de produção AQS com 1 529,55 kWh·ano⁻¹ e 1 144,94 kWh·ano⁻¹, respetivamente. O consumo anual de gás natural é na sua totalidade da responsabilidade da caldeira.

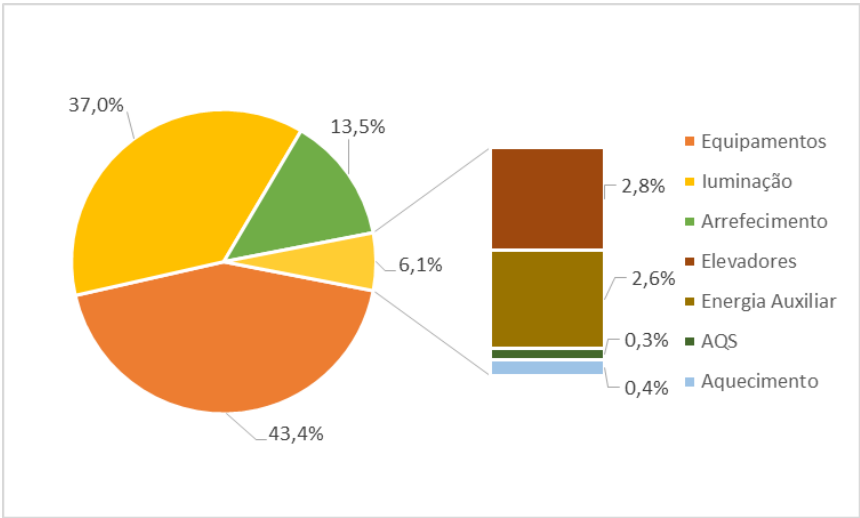


Imagem222 Distribuição do Consumo de Energia Elétrica por Utilização Final

A Imagem 223 apresenta a distribuição da energia primária por unidade de área útil de pavimento (IEE) por vetor energético por grupo consumidor, onde se consegue averiguar que os equipamentos e os sistemas

de iluminação são os grupos com maior peso, com consumos totais iguais aos referidos anteriormente na distribuição do consumo de energia elétrica por utilização final e equivalentes, respetivamente, a $49,26 \text{ kWh}_{EP} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$ e $42,06 \text{ kWh}_{EP} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$; seguidos dos sistemas de climatização e ventilação (aquecimento, arrefecimento e energia auxiliar), com $123\,317,82 \text{ kWh} \cdot \text{ano}^{-1}$ equivalente a $26,81 \text{ kWh}_{EP} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$; e dos outros sistemas consumidores (elevadores e AQS), com $11\,068,94 \text{ kWh} \cdot \text{ano}^{-1}$ equivalente a $3,50 \text{ kWh}_{EP} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$.

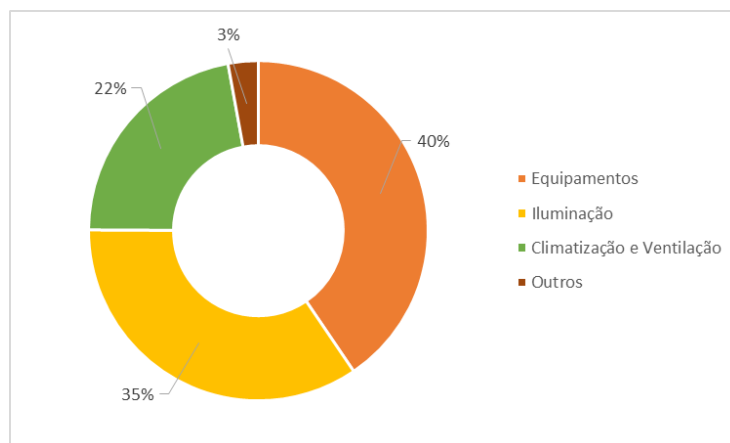


Imagem223 Distribuição do Consumo de Energia por Grupo Consumidor

Relativamente às perdas de calor do edifício Central e da Reitoria, pode-se verificar na Imagem 224 que a renovação do ar interior é a principal responsável pelas perdas de calor, nomeadamente as infiltrações (*external infiltration*) que representam - 212 324,9 kWh no balanço térmico do edifício. Logo a seguir surge a envolvente envidraçada (*glazing*), responsável por - 200 387,1 kWh; a envolvente opaca horizontal interior, nomeadamente pavimento (*floors(int)*) responsável por - 171 359,4 kWh; e a envolvente opaca vertical exterior, nomeadamente paredes (*walls*), responsáveis por - 156 978,9 kWh. As perdas de calor através da cobertura exterior (*roofs*), das paredes interiores (*partitions(int)*), do pavimento exterior (em contato com solo inclusive; *ground floors* e *floors(ext)*) e da ventilação natural (*internal natural vent*) são praticamente irrelevantes quando comparadas com as anteriores.

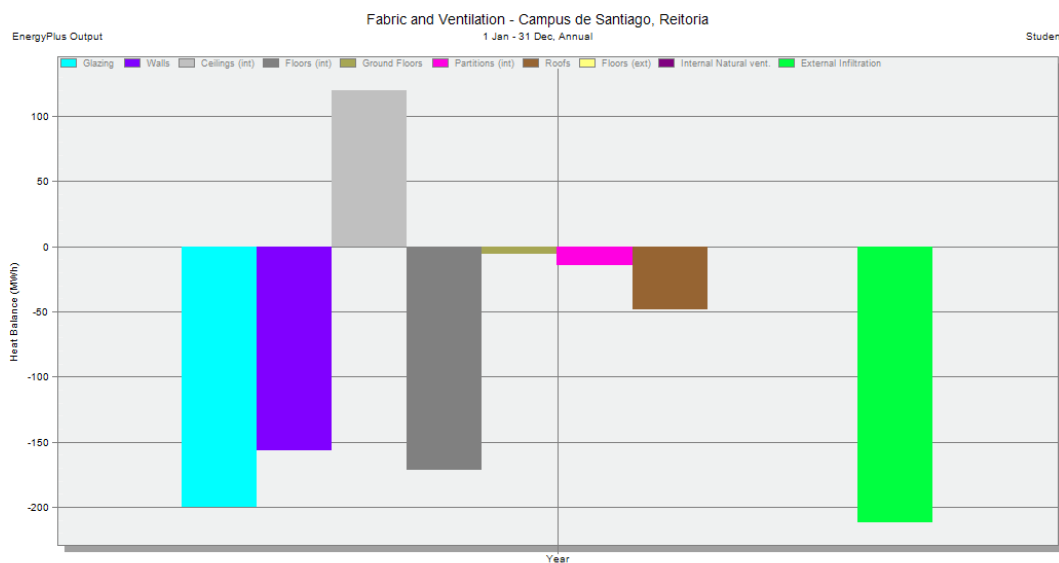


Imagem224 Perdas e Ganhos Térmicos Através da Envolvente e da Renovação do Ar Interior

Relativamente aos ganhos térmicos úteis do edifício Central e da Reitoria, pode-se verificar na Imagem 225 que a envolvente envidraçada exterior (*solar gains exterior windows*) é a principal responsável pelos ganhos térmicos úteis representando 581 722,8 kWh no balanço térmico do edifício, seguida das fontes internas de calor, equipamentos (*computer + equipment*), iluminação (*general task lighting*) e ocupação (*occupancy*), respetivamente. Os equipamentos são responsáveis por 155 954,7 kWh, a iluminação por 116 846,8 kWh e a ocupação por 77 444,5 kWh. Da Imagem 224 também se conclui que a cobertura interior (*ceilings*) tem um papel significativo nos ganhos térmicos úteis, sendo responsável por 120 065,3 kWh no balanço térmico do edifício. Os ganhos térmicos úteis através da envolvente envidraçada interior (*solar gains interior windows*) (Imagem 225) são praticamente irrelevantes quando comparadas com os anteriores. Ainda relativamente aos dados apresentados pela Imagem 225, os ganhos térmicos úteis devidos ao *zone sensible heating* correspondem ao efeito da insuflação de ar no edifício graças à ação dos sistemas AVAC no aquecimento ambiente e, tal como os ganhos térmicos através da envolvente envidraçada, são comparativamente praticamente irrelevantes. As perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling* (17 441,3 kWh) correspondem ao efeito da insuflação de ar no edifício graças à ação dos sistemas AVAC no arrefecimento ambiente e, juntamente com as perdas associadas às infiltrações, são as mais significativas.

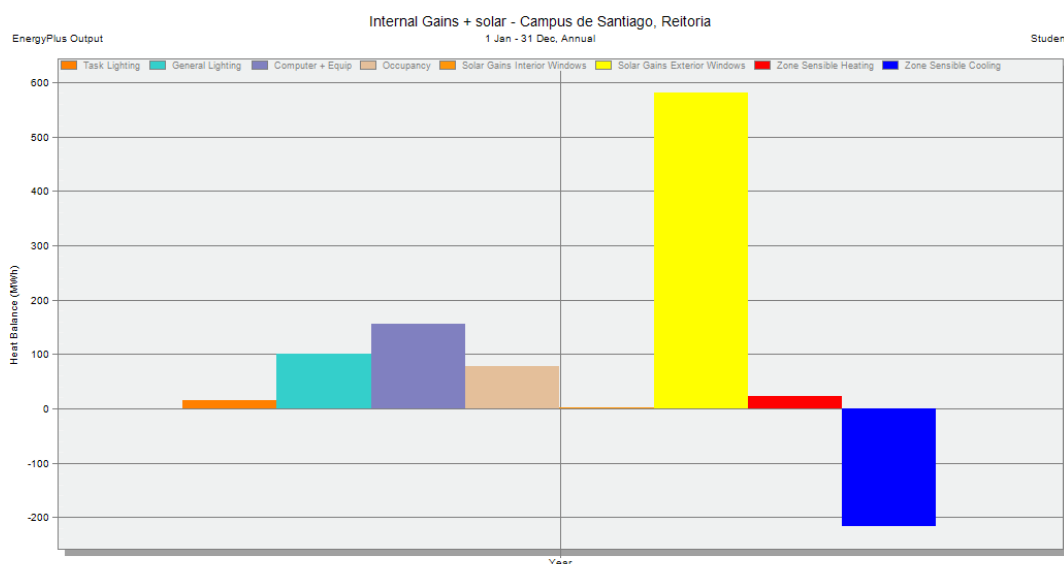


Imagem 225 Perdas e Ganhos Térmicos Devidos às Fontes Internas de Calor, aos Ganhos Solares e à Insuflação de

Nas imagens que se seguem, pode-se perceber como as perdas de calor e os ganhos térmicos se manifestam ao longo do ano. Na Imagem 226 é notória a redução das perdas de calor através da envolvente envidraçada, das paredes e cobertura exteriores, bem como das infiltrações durante os meses mais quentes do ano, resultado do aumento da temperatura ambiente exterior ao edifício. Em contrapartida, tal como a Imagem 227 demonstra, os ganhos térmicos úteis através dos vãos envidraçados exteriores aumentam a par do aumento das perdas devidas ao *zone sensible cooling*. O aumento destas últimas perdas é significativo no período compreendido entre junho e setembro fruto do perfil de operação dos sistemas de arrefecimento ambiente, da mesma forma que o aumento significativo dos ganhos térmicos devidos ao *zone sensible heating* nos meses de janeiro a março e de novembro a dezembro se deve ao perfil de operação dos sistemas de aquecimento ambiente (subsecção 3.2.7.). Nos restantes meses do ano os *zone sensible heating* e *cooling* devem-se ao *free heating* e ao *free cooling* resultantes do funcionamento diário dos sistemas de ventilação.

Por último é também importante destacar o pico dos ganhos térmicos através dos envidraçados exteriores no mês de agosto, a par da diminuição dos ganhos proporcionados pelas fontes internas de calor e das perdas associadas ao *zone sensible cooling*. Este comportamento é consequência da interrupção do funcionamento dos sistemas AVAC, bem como dos equipamentos, sistemas de iluminação e da ocupação, durante o período de férias existente nesse mês.

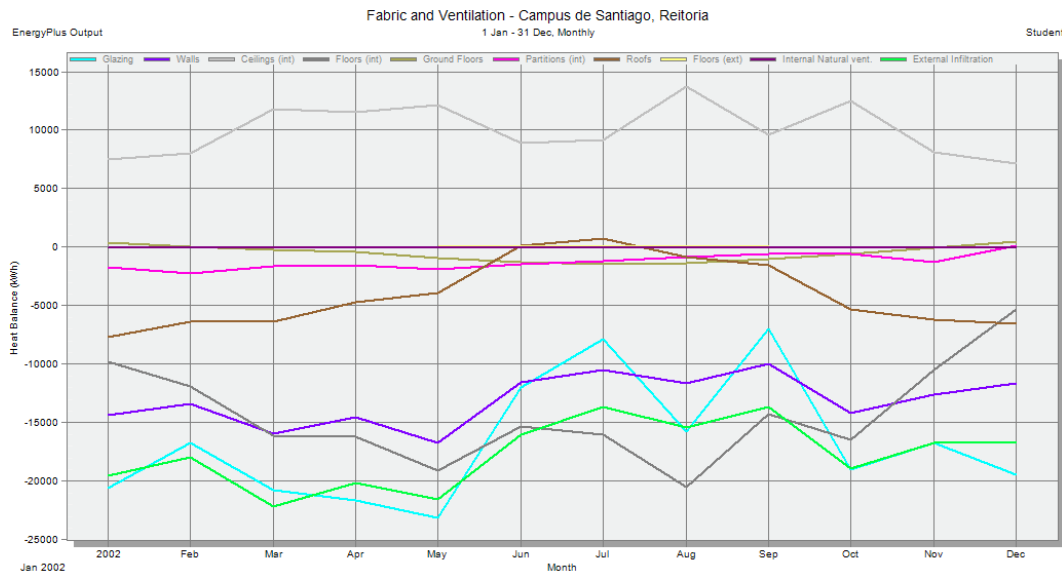


Imagem226 Perdas e Ganhos Térmicos Mensais Através da Envolvente e da Renovação do Ar Interior

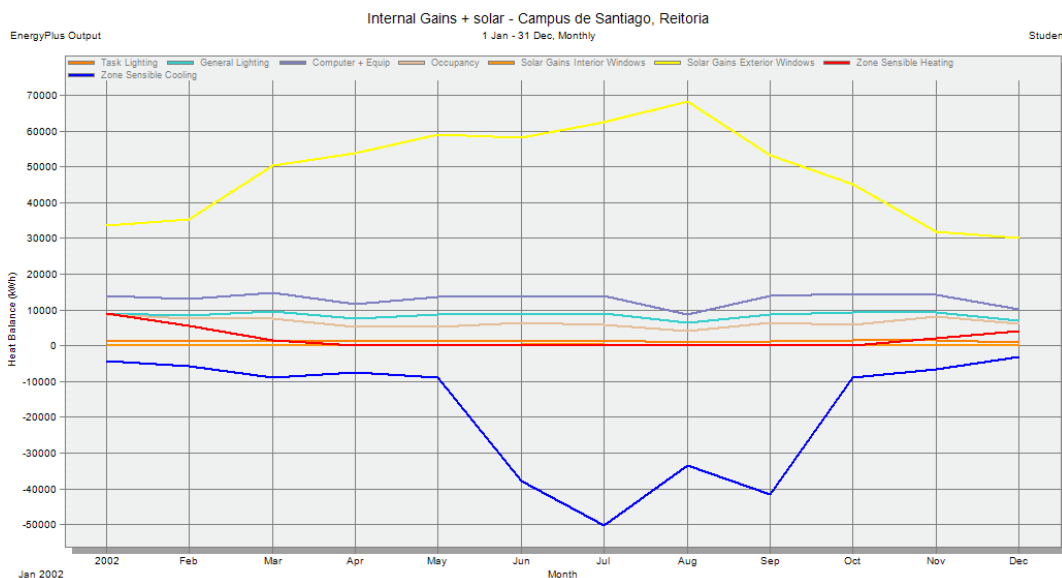


Imagem227 Perdas e Ganhos Térmicos Mensais Devidos às Fontes Internas de Calor e ao Ganho Insuflação de Ar

3.4. Calibração do Modelo do Edifício

No sentido de proceder à calibração do modelo de SD representativo da realidade do edifício Central e da Reitoria construído com o auxílio do *software* DesignBuilder, foi necessário recorrer-se a um histórico de consumos anuais de energia do edifício. O histórico de consumos anuais de energia utilizado na presente calibração foi fornecido pelos SGTL e pelo Professor Doutor Nelson Martins, orientador do presente projeto.

Devido a problemas na plataforma informática que armazena os consumos anuais de energia medidos de todos os edifícios dos *campus* de Aveiro da universidade, edifício Central e da Reitoria inclusive, os SGTL só conseguiram reunir os consumos de energia de 2013 e os consumos, incompletos, de 2014. Estes consumos podem ser analisados no Anexo 11. Para colmatar este défice de consumos históricos do edifício em estudo, o Professor Doutor Nelson Martins conseguiu facultar os consumos anuais de energia de 2007 e de 2008, também estes com algumas lacunas de informação, principalmente nos consumos de gás natural. No Anexo 11 podem também ser consultados estes consumos. O ideal seria reunir o maior histórico de consumos anuais de energia medidos possível de forma a conhecer-se o melhor possível o comportamento do edifício em estudo, no entanto o mesmo não foi possível e a calibração do modelo, apesar de baseada em dados de consumos incompletos e com desfasamento temporal relevante entre eles, foi executada com sucesso. Para que a execução da calibração fosse possível, foi necessário começar pelo tratamento de dados. Nesta primeira etapa da calibração, o principal objetivo residiu em preencher as lacunas de informação existentes nos consumos anuais de energia reunidos com dados estimados a partir dos limitados valores de consumos medidos disponibilizados. Tal como a Tabela 7 demonstra, existem lacunas de informação nos consumos de energia de 2008 e de 2014. É importante referir que os consumos mensais do histórico de consumos de 2007 mencionados como “s/ leitura” (sem leitura) não foram tratados como lacunas de informação. Tal como já foi referido na secção anterior os vetores energéticos consumidos no edifício em estudo consistem em energia elétrica e gás natural.

Tabela7 Histórico de Consumos de Energia do Edifício Central e da Reitoria

	Consumo Energia Elétrica [kWh]				Consumo Gás Natural [m³]			
	2007	2008	2013	2014	2007	2008	2013	2014
Janeiro	35 800,00	25 000,00	29 980,00	29 490,00	4 321,00	2 917,00	1 191,20	1 500,80
Fevereiro	32 200,00	27 600,00	27 060,00	29 042,00	2 948,00	1 074,00	930,10	1 294,50
Março	26 600,00	28 400,00	29 476,00	26 806,00	1 002,00	932,00	1 162,30	712,60
Abril	34 800,00	26 800,00	29 740,00	26 036,00	s/ leitura	0,00	0,00	226,40
Mai	32 400,00	30 400,00	26 412,00	27 930,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
Junho	30 600,00	22 000,00	27 966,00	25 292,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
Julho	30 600,00	38 000,00	34 592,00	29 576,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
Agosto	34 800,00	30 400,00	24 406,00	21 678,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
Setembro	32 000,00	28 400,00	29 104,00	34 166,00	s/ leitura		0,00	0,00
Outubro	36 200,00		28 912,00	10 256,00	3 753,00		0,00	0,00
Novembro	28 600,00		30 106,00		2 639,00		429,80	
Dezembro	47 400,00		27 846,00		s/ leitura		1 209,30	
	402 000,00		345 600,00		14 663,00		4 922,70	

No sentido de se estimar os valores dos consumos mensais de energia ausentes dos históricos de consumos de 2008 e 2014, começou-se por isolar os consumos de energia presentes na Tabela 7 correspondentes ao período do ano para o qual não existe qualquer défice de informação, ou seja, correspondentes ao período compreendido entre janeiro e agosto. Isolados estes consumos, determinou-se a relação entre os consumos totais do período de janeiro a agosto e os consumos anuais de energia correspondentes aos históricos de consumos de 2007 e 2013; os anos para os quais existem dados completos relativamente aos consumos de energia. Na Tabela 8 podem ser analisados os consumos totais do período de janeiro a agosto e a relação destes com os consumos anuais de energia.

Tabela8 Histórico de Consumos de Energia de Janeiro a Agosto do Edifício Central e da Reitoria

	Consumo Energia Elétrica [kWh]				Consumo Gás Natural [m³]			
	2007	2008	2013	2014	2007	2008	2013	2014
Janeiro	35 800,00	25 000,00	29 980,00	29 490,00	4 321,00	2 917,00	1 191,20	1 500,80
Fevereiro	32 200,00	27 600,00	27 060,00	29 042,00	2 948,00	1 074,00	930,10	1 294,50
Março	26 600,00	28 400,00	29 476,00	26 806,00	1 002,00	932,00	1 162,30	712,60
Abril	34 800,00	26 800,00	29 740,00	26 036,00	s/ leitura	0,00	0,00	226,40
Maio	32 400,00	30 400,00	26 412,00	27 930,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
Junho	30 600,00	22 000,00	27 966,00	25 292,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
Julho	30 600,00	38 000,00	34 592,00	29 576,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
Agosto	34 800,00	30 400,00	24 406,00	21 678,00	s/ leitura	0,00	0,00	0,00
	257 800,00	228 600,00	229 632,00	215 850,00	8 271,00	4 923,00	3 283,60	3 734,30
Relação [%]	64,13		66,44		56,41		66,70	

A partir do fator representativo da relação entre os consumos totais do período de janeiro a agosto com os consumos anuais de energia dos históricos de consumos de 2007 e 2013, torna-se possível estimar o valor dos consumos anuais de energia dos históricos de consumos de 2008 e 2014. Tal como a Tabela 8 demonstra, para os consumos de ambos os vetores energéticos obtiveram-se dois diferentes fatores de relação. Assim, foi necessário calcular os fatores de relação médios para cada vetor energético a serem aplicados no cálculo das estimativas dos consumos anuais de energia; 65,29 % e 61,56 % para os consumos de energia elétrica e gás natural, respetivamente. Na Tabela 9 encontram-se ilustrados os valores dos consumos anuais de energia estimados pelo quociente dos consumos totais do período de janeiro a agosto dos históricos de consumos de 2008 e 2014 com os fatores de relação determinados.

Tabela9 Consumos Anuais de Energia Estimados

Consumo Anual Energia Elétrica [kWh]		Consumo Anual Gás Natural [m³]	
2008	2014	2008	2014
350 146,82	330 617,63	7 997,69	6 066,58

Depois de conhecidos os consumos anuais de energia de todos os históricos de consumos, calculou-se para cada vetor energético o correspondente consumo médio anual. Estes consumos médios anuais consistem nos consumos “medidos” ou “reais faturados” que, tal como referido no capítulo 2, determinam, por comparação, a validade ou não do modelo de SD construído. Antes de se aplicar estes consumos médios na calibração, foi necessário converter o consumo médio anual de gás natural de m³ para kWh. Esta conversão foi realizada com o auxílio da tabela de equivalências que consta no Anexo 12. Na Tabela 10 podem ser consultados os consumos médios anuais “reais” a aplicar na verificação da qualidade do modelo construído.

Tabela10 #

Consumo Médio Anual Energia Elétrica [kWh]	Consumo Médio Anual Gás Natural [kWh]
357 091,11	90 139,87

Calculados os valores dos consumos de energia a aplicar na calibração do modelo de SD do edifício em análise, procedeu-se à comparação dos mesmos com os consumos de energia resultantes da simulação por recurso ao *software* DesignBuilder. O critério de aceitação estabelecido toma o valor, arbitrado, de 10 % e, assim, impõem-se que no máximo o modelo construído se distancie da realidade em 10 %, sendo que para discrepâncias inferiores a este valor se confirma a qualidade e coerência da modelação realizada enquanto para discrepâncias superiores se invalida o modelo e assim a sua representatividade do edifício em estudo. A definição deste valor resultou duma tomada de decisão conjunta com o orientador deste projeto.

Tabela11 Resultados do Processo de Calibração a 1ª Simulação

Vetores Energéticos	Consumos Medidos [kWh]	Consumos Calculados [kWh]	Discrepância [%]
Energia Elétrica	357 091,11	358 680,15	0,44
Gás Natural	90 139,87	40 115,12	55,50

Tal como a Tabela 11 exemplifica, numa primeira simulação não se verifica a calibração do modelo construído. Embora o consumo anual de energia elétrica calculado seja validado com uma discrepância inferior a 1 %, o consumo anual de gás natural calculado apresenta uma discrepância superior a 50 %. Uma vez que o consumo de gás natural se deve somente ao aquecimento ambiente do edifício Central e da Reitoria, rapidamente se percebeu que a análise de sensibilidades teria de passar pela unidade de produção de calor a gás natural (caldeira) e por todos os componentes do edifício com potencial impacto no aumento das necessidades de aquecimento. Assim, começou por se reformular o valor do rendimento da caldeira estabelecido, diminuindo-o em 10 %. Contudo esta reformulação só possibilitou uma redução de 1 % no valor da discrepância, tendo-se optado por não alterar nada na modelação da caldeira, uma vez que a mesma já fora efetuada de uma forma pessimista relativamente às suas características técnicas. Posto isto, testou-se individualmente a diminuição do valor do coeficiente de transmissão térmica (U) tanto dos elementos da envolvente opaca como dos elementos da envolvente envidraçada, o aumento das infiltrações e dos caudais de ar novo, a diminuição da densidade de ocupação e de potência dos equipamentos e, por fim, o aumento do *setpoint* da temperatura de aquecimento. Em todas estas variações tomou-se o valor de 10 % como o

valor total de diminuição ou aumento do parâmetro em análise. Desta análise de sensibilidades, concluiu-se que o *setpoint* da temperatura de aquecimento é o parâmetro que apresenta maior impacto na diminuição da discrepância entre o consumo de gás natural calculado e o consumo medido.

Tabela12 Resultados do Processo de Calibração para a 2ª Simulação

Vetores Energéticos	Consumos Medidos [kWh]	Consumos Calculados [kWh]	Discrepância [%]
Energia Elétrica	357 091,11	359 440,05	0,66
Gás Natural	90 139,87	64 047,41	28,95

Tal como a Tabela 12 demonstra, apesar de o aumento do *setpoint* da temperatura de aquecimento permitir diminuir a discrepância entre o consumo de gás natural calculado e o consumo medido de 56 % para 29 %, o critério de aceitação continua a ser ultrapassado.

Por fim, após analisadas todas as possibilidades, revista toda a caracterização na qual se baseou a modelação realizada e esgotadas todas as alternativas possíveis, optou-se por não incluir o histórico de consumos de 2007 na determinação dos consumos médios medidos. Tal como se pode facilmente detetar numa rápida análise da Tabela 7 e da Tabela 8, o histórico de consumos de 2007 destaca-se dos restantes históricos por apresentar consumos de energia mais elevados e, assim, pode-se considerar que este histórico de consumos pode já não representar uma realidade próxima da atual realidade do edifício em estudo. A não inclusão do histórico de consumos de 2007 implica a correção dos valores dos fatores representativos da relação entre os consumos totais do período de janeiro a agosto com os consumos anuais de energia, passando a aplicar-se 66,44 % e 66,70 % (fatores correspondentes ao histórico de consumos de 2013) aos consumos de energia elétrica e gás natural, respetivamente. Esta correção consequentemente implica a reformulação dos valores dos consumos anuais de energia estimados para os históricos de consumos de 2008 e 2014 e dos consumos médios anuais “reais” a aplicar na verificação da qualidade do modelo construído. Na tabela que se segue encontram-se os valores reformulados. Aos consumos médios anuais de energia “reais” medidos retificados corresponde um IEE_{ef} de $120,48 \text{ kWh}_{EP} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$, determinado tendo em conta a A_p “real” do edifício de aproximadamente $7\,548 \text{ m}^2$ obtida do levantamento realizado, os consumos médios anuais referidos e os F_{pu} de 2,5 e $1 \text{ kWh}_{EP} \cdot (\text{kWh})^{-1}$ para a energia elétrica e gás natural, respetivamente. Apesar de no início do presente capítulo se ter referido que a A_p “real” corresponderia a $7\,100 \text{ m}^2$, a área total mencionada no levantamento não inclui a área das ZNU e, assim, considerou-se A_p igual a $7\,548 \text{ m}^2$.

Tabela13

Consumo Anual Energia Elétrica [kWh]		Consumo Anual Gás Natural [m³]		Consumo Médio Anual Energia Elétrica [kWh]	Consumo Médio Anual Gás Natural [kWh]
2008	2014	2008	2014		
344 046,82	324 857,86	7 380,45	5 598,38	338 168,23	63 938,30

A não inclusão do histórico de consumos de 2007 na determinação dos consumos médios medidos e o aumento de 10 % do *setpoint* da temperatura de aquecimento permitiram assim a validar o modelo de SD

representativo da realidade do edifício Central e da Reitoria, tal como a Tabela 14 exemplifica. Estas duas alterações têm de permanecer aplicadas em simultâneo, uma vez que só a não inclusão do histórico de 2007 não permite calibrar a modelação executada, apresentando discrepâncias no consumo de energia elétrica e de gás natural de 6,07 % e 37,26 %, respetivamente.

Tabela14 Resultados do Processo de Calibração para a 3ª Simulação

Vetores Energéticos	Consumos Medidos [kWh]	Consumos Calculados [kWh]	Discrepância [%]
Energia Elétrica	338 168,23	359 440,05	6,29
Gás Natural	63 938,30	64 047,41	0,17

Após verificado que o sucesso da calibração do modelo teria de passar pelo aumento do valor da temperatura *setpoint* de aquecimento, decidi discutir-se este aumento com os SGTTL numa tentativa de perceber o quão longe da realidade poderia estar este aumento. Em conjunto com os SGTTL percebeu-se então que o valor da temperatura *setpoint* de aquecimento resultante do aumento de 10 % (22 °C) não seria uma realidade tão longínqua da existente no edifício, uma vez que a mesma varia conforme as manifestações de conforto dos ocupantes do edifício em análise que na estação de aquecimento passam muitas vezes por solicitar o aumento desta temperatura. Assim, esta troca de ideias com os SGTTL permitiu conferir um pouco mais de confiança à reformulação realizada no modelo de SD.

A título de finalização da presente secção, o modelo simplificado representativo da realidade do edifício Central e da Reitoria desenvolvido no DesignBuilder apresenta um desvio de 5 % da área de pavimento interior útil indicada no levantamento realizado ao edifício em estudo por uma entidade independente e exterior à universidade. O modelo geométrico do edifício em análise foi construído a partir das plantas do edifício em formato CAD, que, depois de convertidas para o formato PDF, foram importadas para o *software* tendo-se consultado diretamente destas plantas as dimensões dos vários espaços do edifício. A utilização das plantas CAD do edifício além de facilitar o processo de modelação geométrica, permitiu conhecerem-se todas as áreas de pavimento de todos os espaços do edifício. Aplicando neste caso o mesmo critério de aceitação, pode-se concluir que a modelação realizada apresenta a qualidade necessária a uma correta simulação dinâmica de edifícios.

Antes de concluir, é também importante referir que foi com base no tratamento de dados descrito na presente secção que foi possível estabelecer que, tal como descrito na subsecção 3.2.7., o aquecimento ambiente do edifício Central e da Reitoria ocorre de novembro a março. Nesta análise o histórico de consumos de 2007 também foi desvalorizado, tendo prevalecido o facto de em 2013 o consumo de gás natural real medido possuir valor superior a zero metros cúbicos entre janeiro e março, novembro e dezembro.

4. Estudo de Opções de Reabilitação Energética

4.1. Sumário

O presente capítulo tem como objetivo descrever as várias opções de reabilitação energética propostas para o edifício Central e da Reitoria. Assim, nas secções que se seguem encontram-se caracterizadas, do ponto de vista técnico e económico, todas as soluções analisadas. Neste sentido, são também caracterizados os métodos utilizados na análise da viabilidade técnica e económica das várias propostas de reabilitação energética, bem como os cenários macroeconómicos desenvolvidos e considerados na análise referida.

4.2. Cenários Macroeconómicos

A análise de viabilidade económica ocorre numa ótica de previsão, que tem a si associada uma incerteza resultante da aleatoriedade e do risco intrinsecamente relacionados com a previsão. (Mota, 2013a) O risco de um projeto de investimento essencialmente prende-se na probabilidade do retorno esperado ser diferente do retorno proporcionado. (Mota, 2013a) A variação da inflação, a evolução da taxa de juro e/ou a variação do preço do petróleo são alguns dos fatores que podem incorrer o risco referido em projetos de investimento. (Martins, Nelson and Calisto, 2007) A incerteza irá sempre existir, no entanto é possível diminuir o risco (gerir a incerteza) através de uma análise de sensibilidades resultante de um prévio estudo de mercado. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013a) O estudo de mercado permite criar possíveis cenários futuros, o que consequentemente possibilita obter várias sensibilidades dos projetos de investimento em análise. (Mota, 2013a) Estas sensibilidades são favoráveis ao aumento da probabilidade de determinado cenário considerado ocorrer. (Mota, 2013a) Por outras palavras, a gestão da incerteza permite escolher a alternativa, do conjunto de alternativas (diferentes cenários aplicados) previamente analisadas e comparadas, que possui o menor risco associado. (Martins, Nelson and Calisto, 2007) Assim, os cenários macroeconómicos desenvolvidos permitem tornar a análise da viabilidade económica presente (P) o mais abrangente possível à realidade que se encontrará associada ao futuro (F), momento no qual se prevê que as soluções de reabilitação energética possam ser aplicadas. (Martins, Nelson and Calisto, 2007)

Posto isto, foram criados dois cenários: o Cenário 1 e o Cenário 2. O Cenário 1 representa uma realidade económica e financeira regressiva, de austeridade, onde os mercados se encontram estagnados, a evolução dos preços é baixa, o poder de compra é reduzido e a aquisição e a utilização de bens e serviços são restringidas. O Cenário 2 representa uma realidade completamente oposta à do cenário anterior, ou seja, caracteriza a expansão económica e financeira, na qual o progresso é refletido na inflação elevada, na aquisição e na utilização de bens e serviços sem restrições, na modernização e na geração de riqueza. De uma forma geral, o Cenário 1 é o cenário pessimista e o Cenário 2 o cenário otimista. Os parâmetros que ditam os diferentes cenários estabelecidos são: a taxa de inflação do custo da energia; e a taxa de rentabilidade (d). Os cenários 1 e 2 caracterizam-se e diferenciam-se um do outro tal como a Tabela 15 demonstra. Os parâmetros referidos, bem como outros, encontram-se analisados na próxima secção.

Tabela15 Caracterização dos Cenários Macroeconómicos

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
Taxa de Inflação do Custo da Energia [%]	1	2,5
Taxa de Rentabilidade [%]	2,5	5

4.3. Caracterização Técnica-Económica de Soluções de Reabilitação Energética

A caracterização técnica-económica das soluções de reabilitação energética propostas é fundamentada principalmente pela aplicação de duas metodologias de análise da viabilidade económica distintas. Uma das metodologias é mais simplista e é retratada no âmbito do pacote legislativo do SCE (Sistema de Certificação Energética de Edifícios), a outra é mais detalhada e resulta da elaboração de um modelo assente em conceitos económicos e financeiros. Assim, os projetos de investimento em causa foram analisados pelo modelo simplificado publicado no despacho número 15793-L e pelo modelo dinâmico construído segundo os conhecimentos adquiridos em unidades curriculares do mestrado em Sistemas Energéticos Sustentáveis. Transversalmente às duas metodologias aplicadas, surge o critério hierárquico das soluções de reabilitação energética propostas. Este critério serve de base à construção da hierarquia das soluções, sendo uma mais-valia na priorização da aplicação de determinada opção relativamente a outra. De modo a acelerar o presente trabalho, foi estabelecido como critério hierárquico o custo de investimento inicial associado a cada solução. Ou seja, a solução proposta de nível 1 corresponderá àquela que apresenta o menor custo de investimento inicial e a de nível 5 a que apresenta o custo mais elevado. Assim, sem depender da simulação computacional das soluções propostas, as mesmas podem ser hierarquizadas segundo um dos critérios mais importantes e até decisivos no que toca à realização de projetos de investimento no sentido da reabilitação energética. Além do referido, o critério hierárquico é também encarado como o ponto de partida na análise das diferentes soluções de reabilitação energética propostas. Os cenários macroeconómicos estabelecidos, caracterizados na secção anterior, são só aplicáveis no âmbito da análise de viabilidade económica à luz do modelo dinâmico. No final, como último nível de reabilitação energética a ser analisado, são aplicadas todas as soluções simultaneamente. Esta aplicação conjunta das soluções propostas surge no âmbito do conceito NZEB.

A elaboração de um modelo mais detalhado tornou-se uma necessidade, quando logo numa primeira observação da legislação se percebeu que o modelo simplificado faz efetivamente jus ao seu nome, “simplificado” simples. Assim, no sentido de se perceber qual o impacto de se adicionar mais ou menos detalhe à análise de viabilidade e tendo sempre como objetivo principal a realização de uma correta caracterização técnica-económica das soluções de reabilitação energética propostas, optou-se por elaborar e aplicar um método de análise da viabilidade económica dinâmico. Neste método os parâmetros chave são o investimento inicial ou os custos de investimento inicial (I_0), as receitas (R) adquiridas, também mencionadas como benefícios ou poupanças, e os custos (C).

O I_0 representa uma utilização imediata de recursos, no denominado ano zero do projeto de investimento, na expectativa do recebimento de um fluxo de benefícios (*cash flow*) acrescidos (mas incertos) no futuro. (Mota, 2013b) O I_0 deve incluir todos os custos suportados até ao momento em que a solução é aplicada e se encontra em plenas condições de funcionamento (ano zero), podendo traduzir-se em custos de projeto, de compra dos componentes do edifício, de ligações aos fornecedores, de instalações e vistorias. (Comissão, 2012) À semelhança dos C o I_0 resulta num *cash flow* (CF ou, em português, fluxo de tesouraria) negativo, no entanto por norma é distinguido de C. Dependendo da sua natureza (amortizável ou não), o I_0

pode ou não desvalorizar ao longo do projeto de investimento (n) e enquanto o fim da vida útil de I_0 não for atingido. (Comissão, 2012; Pública, 2009) A vida útil do I_0 pode corresponder ao período durante o qual se deprecia ou amortiza totalmente o seu valor e, consoante a quota de amortização aplicada (inteira ou metade), pode referir-se ao período mínimo ou máximo. (Pública, 2009) Assim, a desvalorização de I_0 resulta da aplicação de uma taxa de amortização ao seu valor. Quanto maior for a taxa de amortização, maiores são as depreciações resultantes e maior será a desvalorização de I_0 . As amortizações não são saída de capital (despesa), são depreciações do valor de determinado bem adquirido em relação ao início do projeto e, portanto, devem ser “descontadas” ao valor de I_0 . (Comissão, 2012; Mota, 2013b) As amortizações podem ser calculadas segundo o método das quotas constantes ou o das quotas decrescentes, sendo que, tal como os nomes indicam, no primeiro a taxa de amortização anual é constante e no último decresce anualmente segundo a aplicação de coeficientes de correção. (Pública, 2009) Para que o modelo dinâmico seja o mais detalhado possível deve incorporar as amortizações acumuladas, que resultam da soma de todas as amortizações anuais de I_0 . No entanto, a lógica fiscal que envolve esta análise sai fora do âmbito do presente trabalho, a reabilitação energética do edifício Central e da Reitoria, e, portanto, não foram consideradas quaisquer amortizações de I_0 .

É importante referir que a vida útil de bens ou serviços adquiridos no ano zero (I_0) pode ser analisada na ótica da desvalorização total de I_0 ou na ótica da informação indicada pelo fabricante ou fornecedor desses mesmos bens ou serviços. Assim e não obstante ao que fora referido quanto à aplicabilidade das amortizações no presente trabalho, a taxa de amortização de I_0 pode auxiliar na determinação de n (duração dos projetos de investimento). Isto é, dependendo da natureza de I_0 pode ou não conhecer-se o tempo de vida útil dos bens ou serviços adquiridos indicado pelos fabricantes e/ou fornecedores. Conhecendo-se esse tempo de vida útil n pode tomar o seu valor, no entanto caso não se conheça esse tempo de vida útil n pode ser igual a duas vezes o tempo de amortização total dos bens ou serviços adquiridos. Para este efeito, as amortizações foram calculadas segundo o método das quotas constantes e segundo a aplicação das taxas de depreciação ou amortização específicas fixadas nas tabelas I e II anexas ao Decreto Regulamentar número 25 de 14 de setembro de 2009.

Os CF consistem no balanço entre as R e os C expresso na equação (19) ao longo do projeto de investimento. (Mota, 2013a)

(19)

Por norma, no ano zero resumem-se ao I_0 e nos anos seguintes ao balanceamento das despesas (C) com as remunerações (R). (Mota, 2013a) O objetivo é que no final do projeto de investimento a condição expressa na equação (20) seja verdadeira. A soma de todos os CF no final do projeto de investimento corresponde ao retorno total do mesmo projeto de investimento. (Mota, 2013b)

(20)

As R podem-se traduzir em CF positivos, podendo ser representadas por todos e quaisquer valores que sejam suscetíveis de produzir um balanço positivo na relação expressa na equação (20), ou seja, valores que promovam a redução de C. (Mota, 2013a, 2013b) Os projetos de investimento tendem a incluir-se no desenvolvimento ou aquisição de novos produtos ou serviços; na redução de custos; ou na substituição de

ativos existentes. (Mota, 2013a, 2013b) Tendo em conta o âmbito do presente projeto, facilmente se percebe que os projetos de investimento associados às soluções propostas se baseiam na redução de custos e que as R se resumem às poupanças nos consumos de energia (gás natural e eletricidade), resultantes da aplicação das opções propostas. Assim, as R são fundamentais para que os projetos de investimento associados às opções de reabilitação energética sejam “levados a bom bordo”, isto é, produção de CF positivos.

Os C, ao contrário das R, podem-se traduzir em CF negativos, sendo representados por todos e quaisquer valores que sejam suscetíveis de produzir um balanço negativo na relação expressa na equação (20), ou seja, valores que promovam a redução de R. Assim, os C podem compreender: custos iniciais de investimento (I_0); custos de energia; custos de manutenção; e custos de eliminação, quando aplicáveis. (Comissão, 2012) Os custos iniciais de investimento, já referidos, fazem também parte do leque de custos a ter em conta num projeto de investimento, no entanto na aplicação de modelos de viabilidade económica estes normalmente são tratados de forma diferenciada relativamente aos restantes C. Os custos associados à manutenção são aqueles incorridos com a conservação e restauro da qualidade desejada do edifício ou componente de edifício (inspeções, limpezas, ajustamentos, reparações e produtos consumíveis). (Comissão, 2012) Os custos de eliminação incluem custos de demolição, remoção (de componentes do edifício, por exemplo), transporte e reciclagem. (Comissão, 2012) Os custos de energia, como o próprio nome indica, são os encargos inerentes ao consumo de vetores energéticos (gás natural, eletricidade, etc.). A consideração de todos estes custos permite a obtenção do custo global, que resulta da soma de todos os custos aplicáveis ao projeto de investimento em causa. (Comissão, 2012) Dos diferentes custos, os custos de energia são aqueles que apresentam especial importância no âmbito do presente trabalho, nomeadamente o custo associado a possíveis parcelas acrescidas ao consumo de energia após a implementação das soluções propostas. Na mesma medida em que as R estão para as poupanças nos consumos de energia, os C estão para os consumos de energia que poderão ser afetados por essas poupanças resultantes da aplicação das soluções propostas. Por exemplo, ao substituir-se os sistemas iluminação existentes por sistemas mais eficientes (maior número de $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$, logo menos $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) espera-se que o consumo de eletricidade diminua, mas também se espera que o consumo de gás natural aumente, uma vez que é necessário produzir mais calor para compensar a fonte interna de calor substituída. Dada a dinâmica existente entre os diferentes componentes de edifícios, a substituição de determinado componente pode representar a diminuição do consumo do vetor energético utilizado por esse componente e, no entanto, resultar no aumento do consumo de outro vetor energético. O objetivo é que a poupança prevaleça relativamente a um possível aumento desencadeado.

Ainda relativamente aos custos de energia, os mesmos devem refletir o impacto da taxa de inflação associada à variação dos preços por kWh de consumo de gás natural e de energia elétrica. Numa economia de mercado, os preços dos bens e serviços podem estar em constante modificação. (Bank, [s.d.]) Alguns preços sobem, outros descem. (Bank, [s.d.]) A taxa de inflação consiste no aumento geral (aumento médio) dos preços dos bens e serviços, sendo responsável pela diminuição do poder aquisitivo da moeda. (Bank, [s.d.]) Algumas das variações de preços deste conjunto de bens e serviços são mais importantes do que outras, tendo maior peso as que correspondem aos produtos em que se gasta mais. (Bank, [s.d.]) Neste sentido e no âmbito do presente trabalho, as variações dos preços do gás natural e da energia elétrica são as que apresentam maior importância e, portanto, a análise da inflação passou exclusivamente pela aplicação de uma taxa de inflação ao custo da energia. Os valores referência do custo de energia, sujeitos à inflação, aplicados no presente trabalho consistem nos preços médios ponderados de gás natural e energia elétrica na indústria em Portugal do 2.º semestre de 2014 (taxas incluídas), segundo as estatísticas e preços da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). (DGEG, 2015) Tal como o Anexo 13 demonstra, para o gás natural utilizou-se 0,096 €/kWh e para a energia elétrica 0,177 €/kWh. Dado estes valores serem representativos do ano de 2014 e uma vez que se pretende que o presente trabalho possua coerência e visibilidade a longo

prazo, considerou-se a inflação dos mesmos no ano zero do projeto de investimento tornando-os realistas com o ano corrente (2015), bem como com anos seguintes.

Os CF atuais ou presentes não são comparáveis com os futuros CF. (Mota, 2013a) Uma unidade monetária disponível hoje vale mais do que uma unidade monetária disponível amanhã, devido não só à inflação, mas também porque uma unidade disponível hoje pode ser investida e começar a render juros no imediato. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013a) A inflação reduz o poder aquisitivo da moeda (poder de compra) e o investimento de um determinado montante num projeto, em alternativa, por exemplo, à constituição de um depósito a prazo com esse mesmo montante, tem associado um custo de oportunidade igual ao rendimento que se poderia ter obtido com o depósito a prazo. (Mota, 2013a, 2013b) A equação que se segue exemplifica a relação entre o valor presente (P), também mencionado como valor atual (VA), e o valor a receber no futuro (F). (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013a)

(21)

α consiste no coeficiente de atualização, também denominado fator de atualização ou fator de desconto, e é graças a ele que se consegue transportar CF, R e C para o momento presente. (Comissão, 2012; Martins, Nelson and Calisto, 2007) Tal como a equação (22) exemplifica, α depende da taxa de rentabilidade (d), também conhecida como taxa de custo (de oportunidade) do capital (K_c) ou taxa de desconto ou taxa de atualização ou taxa de juro, e do número de anos de duração do projeto de investimento (n ou t). (Comissão, 2012; Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013a, 2013b)

—————
(22)

d é a taxa de rentabilidade (retorno) exigida num projeto de investimento ao prescindir-se de um determinado valor monetário para esse projeto em alternativa à aplicação desse mesmo valor num outro projeto de investimento diferente, como por exemplo a constituição de um depósito a prazo. (Martins, Nelson and Calisto, 2007) Ao prescindir-se de determinado valor monetário para um projeto de investimento em detrimento de um outro projeto, “perde-se” a remuneração que se receberia no outro projeto alternativo. (Martins, Nelson and Calisto, 2007) Essa remuneração que se “perde” é denominada custo de oportunidade e d é a remuneração exigida, no projeto de investimento no qual se aplicou o valor monetário, compatível com esse custo. (Martins, Nelson and Calisto, 2007) Os depósitos a prazo são um bom exemplo de aplicações alternativas a comparar com os projetos de investimento nos quais se disponibiliza determinado valor monetário, uma vez que são semelhantes às aplicações sem risco. Aplicações sem risco consistem em aplicações que geram sempre as taxas de retorno esperadas, as taxas isentas de risco ou, em inglês, *risk free*. (Mota, 2013a) No mínimo d deve corresponder a r_f , no entanto por norma d é superior a r_f dada a adição da compensação exigida pelo risco incorrido (prémio de risco) ao disponibilizar um determinado valor monetário para um projeto de investimento. (Martins, Nelson and Calisto, 2007) O cálculo de d possui alguma complexidade associada e o seu valor futuro é difícil de estimar, existindo várias metodologias de cálculo e previsão desta taxa. A equação (23) exemplifica uma dessas metodologias, na qual d consiste na soma das parcelas de endividamento e de capital próprio do I_0 . (Mota, 2013a)

(23)

%D e %CP representam respetivamente as percentagens de dívida e de capital próprio, K_D e K_{CP} , respetivamente, as taxas de custo do endividamento e do capital próprio ou taxas de retorno exigidas pelos credores e pelos acionistas e, por fim, t_{IRC} a taxa de imposto sobre o rendimento do projeto de investimento (IRC ou imposto sobre o rendimento das pessoas coletivas). (Mota, 2013a, 2013b) K_D e K_{CP} representam os custos de oportunidade associados, respetivamente, às parcelas do I_0 correspondentes a endividamento e a capital próprio, sendo que ambas refletem a taxa de retorno que se deixa de obter num projeto de investimento alternativo (resultante, respetivamente, de endividamento e capital próprio). (Mota, 2013b) Estes dois elementos da equação (23) são os mais importantes no cálculo de K_C , permitindo assim a atualização do valor (temporal) do dinheiro (dimensão temporal do valor do dinheiro) no sentido da tomada de decisão decorrente da análise de viabilidade de projetos de investimento. (Mota, 2013a, 2013b) Apesar de a equação (23) expressar o endividamento incorrido e o capital próprio disponibilizado num projeto de investimento, uma destas parcelas pode ser eliminada e representar um investimento fruto só de endividamento ou só de capital próprio, respetivamente, %D igual a 100% ou %CP igual a 100%. Se %D for igual a 100%, pode-se calcular K_C segundo a metodologia expressa na equação que se segue e que consiste no efeito fiscal do endividamento. (Mota, 2013a)

(24)

K_D consiste na soma de rf (risk free ou, em português, taxa isenta de risco), também denominada por Euribor, com o prémio de risco de crédito (PRC), também conhecido como *spread* (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013a)

Se por outro lado %CP for igual a 100%, K_C é igual a K_{CP} . (Mota, 2013a) K_{CP} consiste na soma de rf com o produto do coeficiente de risco sistemático (β) com o prémio de risco de mercado (PRM). (Mota, 2013a) PRM por sua vez corresponde à subtração do rf ao retorno do mercado (r_M). (Mota, 2013a) À semelhança das amortizações, a lógica contabilística-fiscal que envolve a metodologia descrita sai fora do âmbito do presente trabalho, a reabilitação energética de um GES, e, portanto, foram arbitrados valores para d consoante o cenário macroeconómico aplicado (Tabela 15). No entanto, é importante referir que para que o modelo dinâmico seja o mais detalhado possível, d deve ser calculada ou estimada segundo uma metodologia semelhante ou equivalente à descrita, que satisfaça a análise de viabilidade e seja coerente com o projeto de investimento em causa.

No sentido do estudo da viabilidade económica de um projeto de investimento, surgem os indicadores de desempenho económico (indicadores de mérito) das soluções propostas. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) Estes possuem critérios de aceitação, que quando satisfeitos significa que os indicadores apresentam níveis suficientemente atrativos para que seja aceite a realização do projeto de investimento. (Mota, 2013b) Os indicadores económicos aplicados aos projetos de investimento das soluções propostas no âmbito do modelo de viabilidade económica dinâmico foram: o VAL, a TIR, o SPB, o DPB e o IR. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) O VAL (valor atual líquido), ou VPL (valor presente líquido) ou, em inglês, NPV (*net present value*), resulta da soma algébrica do VA (valor atual) de todos os CF do projeto. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013a) Tal como a equação (25) demonstra, à soma dos CF é subtraído o valor de I_0 . Como já foi referido I_0 corresponde ao CF (negativo) do ano zero (CF_0), não sendo

necessário transporta-lo para o momento presente tal como o somatório indica ($t=1$). Depois de somados os CF, é subtraído o valor de I_0 para que seja calculado o valor líquido resultante do projeto de investimento.

(25)

O critério de aceitação associado ao VAL consiste em que este seja superior a zero, o que significa que o projeto de investimento é economicamente viável e produz excedente financeiro (lucro). (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) Se o VAL for nulo, o projeto de investimento também é economicamente viável, contudo não produz excedente financeiro. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b)

A TIR (taxa interna de rentabilidade) ou, em inglês, *Internal Rate of Return* traduz-se no valor máximo de d a que corresponde um VAL igual a zero. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) Ou seja, se a TIR for menor que d , o VAL será menor que zero e o projeto de investimento não será economicamente viável. (Mota, 2013b) Portanto, o critério de aceitação é a TIR ser superior a d , no sentido da viabilidade económica do projeto bem como da produção de excedente financeiro. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) A Imagem 228 ilustra esta relação da TIR com d e a VAL. (IAPMEI, 2001)

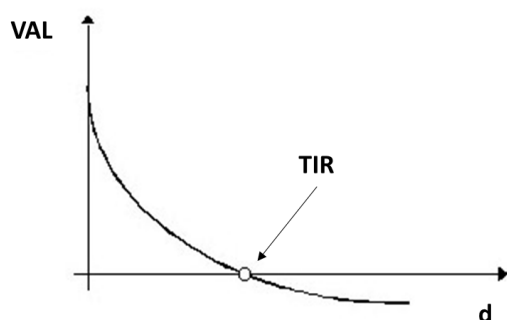


Imagem228 Relação entre o VAL e a TIR (IAPMEI, 2001)

Através do método de interpolação linear pode-se determinar o valor aproximado da TIR, para o qual VAL é igual a zero. (IAPMEI, 2001) Apesar de existir uma diferença entre o valor “real” e o valor aproximado da TIR (Imagem 229), a taxa obtida pelo método de interpolação linear é aceitável. (IAPMEI, 2001) O valor “real” da TIR pode ser calculado pelo recurso a máquinas de calcular ou a computadores. (IAPMEI, 2001)

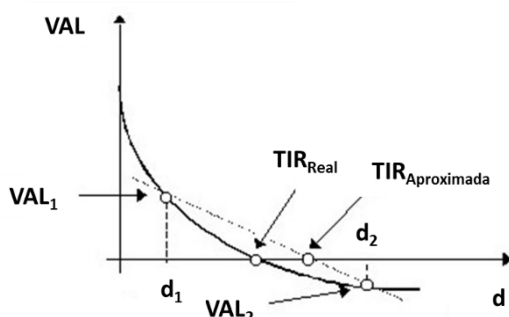


Imagem229 Valor aproximado e valor real da TIR (VAL positivo), VAL negativo), d que origina o VAL e d (d que origina o VAL são parâmetros necessários ao método de interpolação linear em análise (IAPMEI, 2001)

No âmbito do presente trabalho, as TIR calculadas resultaram da aplicação da função TIR existente no Microsoft Excel, na qual o conjunto de valores intervenientes são todos os CF do projeto de investimento, CF_0 inclusive. (Mota, 2013b) O VAL também pode ser cálculo por recurso ao Microsoft Excel, aplicando-se a função VAL, na qual o primeiro critério a introduzir consiste no valor de d sucedido pelos valores de todos os CF, à exceção do CF_0 . Para se obter o valor líquido, deve-se subtrair à função VAL o valor de I_0 .

O SPB (*Simple PayBack*) e o DPB (*Discounted PayBack*) correspondem ao número de períodos (anos, normalmente) necessários à recuperação do capital investido, ou seja, ao tempo necessário para que o valor acumulado dos CF seja igual ou maior que zero. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) O SPB também é referido na literatura como PRS (período ou tempo de retorno simples) ou como PRC (período de recuperação do capital investido) e o DPB como tempo de retorno atualizado ou PRC atualizado (período de recuperação do capital investido atualizado). (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) O que difere SPB de DPB é o facto de o primeiro trabalhar os CF simples, ou seja, os CF sem a atualização de d , enquanto o último trabalha os CF atualizados, ou seja, sujeitos a α (coeficiente de atualização). (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) Assim, cada CF anual gerado a partir do ano 1, inclusive, dos projetos de investimento analisados deve ser somado ao CF do ano anterior, sendo que o momento em que desta soma resulta um valor positivo corresponde ao SPB ou ao DPB, dependendo, respetivamente, da utilização de CF simples ou atualizados. O critério de aceitação de SPB e DPB consiste em os mesmos serem inferiores a um limite de tempo máximo (em anos) imposto. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) Por exemplo, o despacho número 15793-L, que procede à publicação do modelo de viabilidade económica simplificado, estabelece que o PRS deve ser igual ou inferior a 8 anos. (Emprego, 2013k) Independentemente do limite imposto, SPB e DPB não devem ser superiores a n (duração do projeto de investimento). Para o modelo de viabilidade económica dinâmico, o limite imposto ao SPB e ao DPB consiste no valor de n do projeto de investimento em análise.

O IR (índice de rendibilidade) define-se como um indicador de custo/benefício, sendo determinado pela razão entre os valores atualizados dos benefícios (R) e dos custos (C), I_0 inclusive. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b) Também mencionado como razão benefício-custo ou, em inglês *Benefit-Cost Rat* (**BCR**), a equação (26) exemplifica a metodologia de cálculo de IR. (Martins, Nelson and Calisto, 2007)

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+\alpha)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+\alpha)^t}} \quad (26)$$

O seu critério de aceitação é ser superior à unidade, o que traduz a viabilidade do projeto de investimento acompanhada de excedente financeiro (R superiores aos C). À semelhança do VAL e da TIR, se IR for igual à unidade o projeto também é viável do ponto de vista económico, porém não produz qualquer excedente financeiro, ou seja, os benefícios são só suficientes para “cobrir” as despesas incorridas ao longo do projeto. (Martins, Nelson and Calisto, 2007; Mota, 2013b)

O modelo de viabilidade económica simplificado já referido consiste na “metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um” PRE (plano de racionalização energética). (Emprego, 2013k) Este é o único modelo de viabilidade económica no âmbito do pacote legislativo do SCE e resume-se à aplicação da equação (27). (Emprego, 2013k)

$$\dots \quad (27)$$

PRS corresponde ao período de retorno simples (indicador de desempenho económico), C à totalidade dos custos de investimento (equivalente a I_0) e P à poupança anual resultante da aplicação da medida em estudo (equivalente a R). (Emprego, 2013k) Não são considerados os custos financeiros (d), os efeitos da inflação, nem qualquer evolução nos custos de energia relativamente ao momento de investimento (custos de energia constantes). (Emprego, 2013k) Tendo em conta a não evolução dos custos de energia, os preços por kWh de consumo de gás natural e energia elétrica aplicados foram os anteriormente referidos como representativos do 2º semestre do ano de 2014. O critério de aceitação associado ao PRS no âmbito do SCE implica que o retorno dos custos de investimento ocorra no máximo dentro de 8 anos.

A Tabela 16 faz uma síntese dos indicadores de desempenho económico e seus critérios de aceitação, segundo as duas metodologias de análise da viabilidade económica referidas.

Tabela16 Indicadores Económicos e Critérios de Aceitação

Indicador Económico	Critério de Aceitação
Modelo Dinâmico	
VAL	$VAL > 0$
TIR	$TIR > d$
SPB	$SPB < n$
DPB	$DPB < n$
IR	$IR > 1$
Modelo Simplificado	
PRS	$PRS \leq 8 \text{ anos}$

Enquanto os indicadores económicos surgem no âmbito da avaliação da viabilidade económica de projetos de investimento, no sentido da caracterização técnica e do estudo da viabilidade energética dos mesmos surgem os indicadores de desempenho energético das soluções propostas. Estes indicadores correspondem aos já referidos, no capítulo 1, IEE (indicadores de eficiência energética), que aferem o desempenho energético de edifícios em termos de energia primária por unidade de A_p (área interior útil de pavimento). Tendo em conta o âmbito de aplicação do presente trabalho, dos três IEE existentes só o IEE_{pr} apresenta interesse e é aplicável na caracterização do desempenho energético do edifício resultante da introdução das soluções propostas. A viabilidade técnica das soluções propostas é verificada quando IEE_{pr} a elas associado é inferior ao IEE_{pr} associado ao modelo de SD representativo da realidade do edifício Central e da Reitoria. Se o IEE_{pr} das soluções propostas for igual ao IEE_{pr} do modelo significa que nada foi alterado nos consumos de energia, ou seja, não ocorre qualquer redução de custos (custos de energia), propósito principal do presente estudo de reabilitação energética. Neste sentido, a comparação dos consumos de energia antes e após a aplicação das soluções de reabilitação energética será realizada tendo em conta os consumos obtidos da SD do modelo representativo da realidade do edifício, com as suas discrepâncias relativamente aos consumos efetivos, e os consumos obtidos da SD do modelo após a aplicação das soluções. Na Tabela 17 podem ser lembrados os consumos e indicadores resultantes da SD do modelo representativo da realidade do edifício em análise.

Tabela17 Consumos Energéticos e Indicadores de Desempenho Energético do Modelo Representativo da Realidade do Edifício Central e da Reitoria

Vetores Energéticos	Consumos [kWh]	IEE _{pr} [kWh _{EP} ·(m ² ·ano) ⁻¹]	IEE _{ef} [kWh _{EP} ·(m ² ·ano) ⁻¹]
Gás Natural	64 047,41	121,63	120,48
Energia Elétrica	359 440,05		

Para concluir a presente secção e dar início à caracterização das soluções de reabilitação energética propostas, partindo do critério hierárquico imposto foi possível atribuir o nível 1 à solução de reabilitação energética que passa por promover alterações comportamentais no que diz respeito à utilização dos sistemas de iluminação nas principais zonas do edifício; o nível 2 à solução que passa por corrigir o *setpoint* de aquecimento da caldeira do edifício Central e da Reitoria; o nível 3 à remoção da atual unidade de geração de calor a gás natural e instalação de uma nova unidade também a gás natural, porém com um melhor desempenho energético, o nível 4 à proposta de alteração das lâmpadas existentes por lâmpadas mais eficientes; e o nível 5 à substituição de parte da envolvente envidraçada exterior. Na tabela que se segue encontra-se uma síntese do que foi referido.

Tabela18 Soluções de Reabilitação Energética

Solução de Reabilitação Energética	Descrição
Nível 1	Perfis de Utilização dos Sistemas de Iluminação
Nível 2	<i>Setpoint</i> de Aquecimento
Nível 3	Rendimento da Caldeira
Nível 4	Iluminação Artificial
Nível 5	Elementos da Envolvente Envidraçada

Os critérios que se encontram na base da tomada de decisão relativamente à análise de determinada solução, de determinado nível de reabilitação energética, em detrimento de outra possível solução consistem, essencialmente, em limitações e constrangimentos que surgem dado se estar perante a reabilitação energética de um edifício existente. Assim, optou-se por soluções que perturbassem da menor forma possível os aspetos construtivos do edifício Central e da Reitoria. Por exemplo, optou-se em substituir a caldeira existente por uma similar, porém mais eficiente, de forma a aproveitar-se o sistema de recirculação e a chaminé já existentes. Se se tivesse optado por substituir a caldeira existente por uma bomba de calor, possivelmente seria necessário construir-se uma nova rede de tubagens que, para um edifício existente, pode acarretar custos exorbitantes e, do ponto de vista da obra, pode não ser tecnicamente viável. Um outro exemplo pertinente pode ser a opção por atuar na envolvente envidraçada e não na envolvente opaca. Tal como foi descrito no capítulo 3, existe um padrão de construção de certa forma transversal a alguns edifícios dos campi da Universidade de Aveiro, nomeadamente quanto à construção por recurso a materiais argilosos, como o tijolo maciço à vista tão predominante no *campus* de Santiago. Optou-se assim por não atuar nos aspetos construtivos e não alterar o visual característico do *campus*, privilegiando-se soluções que atuem sobre componentes que, sem alterar significativamente a construção existente, apresentem resultados satisfatórios. Outro critério fundamental nesta tomada de decisão consiste no reconhecimento do notório peso de determinados componentes nos consumos de energia do edifício. Por exemplo, a caldeira é o único componente consumidor de gás natural e, assim, para que fosse possível atuar neste vetor energético foi necessário atuar nesta unidade de geração de calor. Além disto, a caldeira é o equipamento mais importante no aquecimento ambiente do edifício em estudo, sendo responsável pela climatização da maior parte das

zonas existentes. Numa primeira observação do edifício rapidamente se deteta o elevado número de elementos da envolvente envidraçada, o que, aliado ao facto de estes elementos serem o segundo maior foco de perdas de calor e o principal no que toca aos ganhos térmicos, privilegiou a atuação na reabilitação dos mesmos. A atuação nos sistemas de iluminação artificial existentes no edifício seguiu também o critério do peso destes sistemas no consumo anual de energia elétrica, representando 37 % desse consumo e, assim, o segundo maior consumidor.

4.4. Reabilitação Energética Nível 1

4.4.1. Caracterização da Solução Proposta

A solução de reabilitação energética de nível 1 consiste em sensibilizar os utilizadores do edifício Central e da Reitoria para a adequada utilização da iluminação artificial. Neste sentido, foram alterados os perfis de operação dos sistemas de iluminação das principais zonas do edifício em análise. Neste contexto entenda-se por zonas principais, aquelas onde a iluminação artificial é mais facilmente manipulada pelos ocupantes e utilizadores em geral, como gabinetes, casas-de-banho e salas de reunião. Da caracterização dos perfis de operação da iluminação realizada no capítulo 3, facilmente se identifica que neste tipo de espaços o perfil predominante é o perfil de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (2) (*schedule* “Escritórios Iluminação RSECE”), o perfil mais comumente aplicado no edifício em análise. Os períodos do dia útil mais críticos quanto à utilização desnecessária de iluminação artificial ocorrem durante a noite, a madrugada e a hora de almoço dos dias úteis de funcionamento de edifícios. Analisando-se o perfil identificado, detetou-se operação dos sistemas de iluminação nos períodos críticos referidos. Posto isto, a sugestão de reabilitação energética proposta passa por estabelecer que entre as 20:00 e as 06:00 horas e entre as 12:00 e as 13:00 horas em dias úteis não existe qualquer sistema de iluminação artificial em operação nos espaços abrangidos pelo perfil em causa. Também se detetou a operação dos sistemas de iluminação durante as 24:00 horas de dias não úteis (fins-de-semana, feriados e férias) e da mesma forma como fora aplicado nos períodos anteriores, foi estabelecido que entre as 00:00 e as 24:00 horas em dias não úteis não existe qualquer funcionamento dos sistemas de iluminação nos espaços aplicáveis. As imagens que se seguem ilustram o que foi referido, a percentagem de funcionamento da iluminação de 0% nos intervalos mencionados. Na Imagem 230 pode-se comparar o perfil de operação dos sistemas iluminação artificial de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (2) existente com o seu equivalente proposto na presente solução de reabilitação energética.

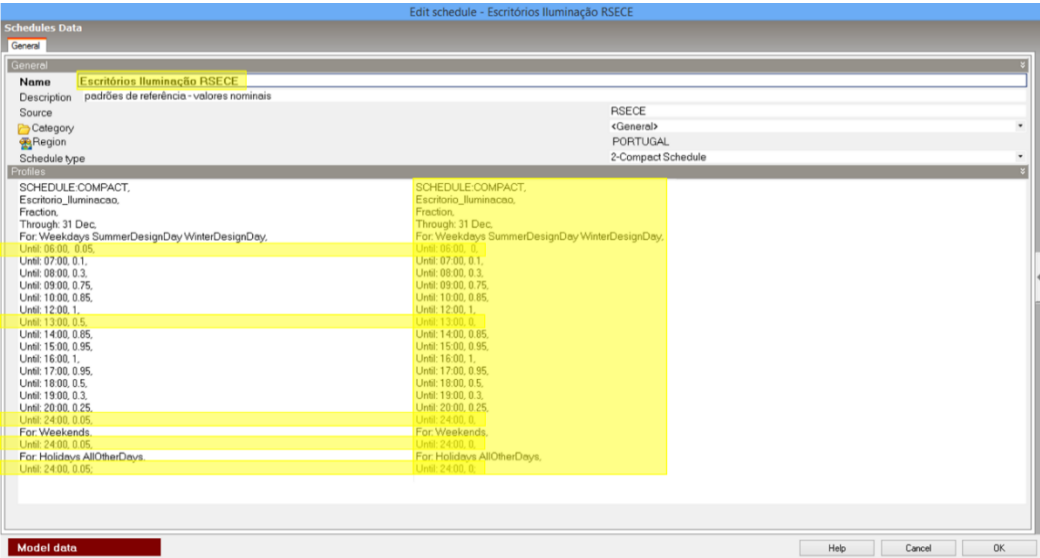


Imagem 230 Perfil de Operação dos sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (2) Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1 (perfil da esquerda e perfil da direita, respetivamente)

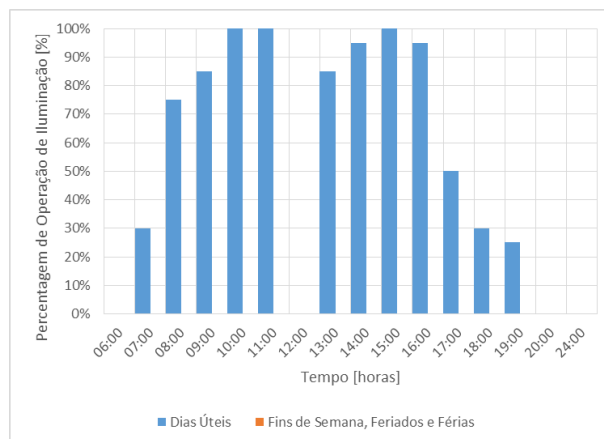


Imagem231 Perfil de Operação dos Sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 00:00 às 24:00 Horas (Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1)

Além destas alterações no perfil de operação de sistemas de iluminação de segunda a domingo das 00:00 às 24:00 horas (2), também foi alterado o perfil de funcionamento da iluminação de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas (*schedule* “Armazéns_ 9 horas/dia (todos os dias) Iluminação RSECE”). Relativamente a este perfil, a sugestão de reabilitação energética proposta passa por estabelecer que entre as 00:00 e as 24:00 horas em dias não úteis não existe qualquer funcionamento dos sistemas de iluminação nos espaços em que o mesmo perfil é aplicável, à exceção da zona constituída por espaços não úteis de circulação e de arrumos do piso -1 (Espaços Não Úteis). Esta zona de exceção trata-se de uma zona maioritariamente de circulação próxima da zona de centrais de segurança do piso -1 (25.-1.1 2 Centrais de Segurança), onde existe ocupação e utilização de sistemas técnicos diariamente, quer em dias úteis como não úteis. Posto isto, pode não ser correto estabelecer que nessa zona maioritariamente de circulação não existe recurso a iluminação artificial durante os dias não úteis, com a agravante de ser uma zona do piso -1. As imagens que se seguem ilustram o que foi referido, sendo que na Imagem 232 pode-se comparar o perfil de operação dos sistemas iluminação artificial de segunda a domingo das 09:00 às 18:00 horas existente com o seu equivalente proposto na presente solução de reabilitação energética.

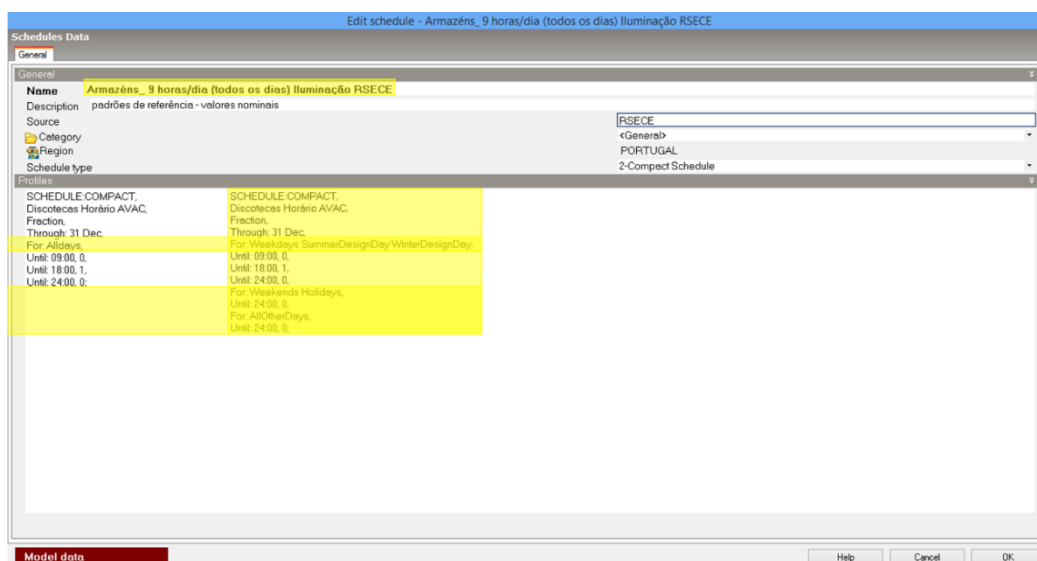


Imagem232 Perfil de Operação dos Sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas (Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1 (perfil da esquerda e perfil da direita, respetivamente))

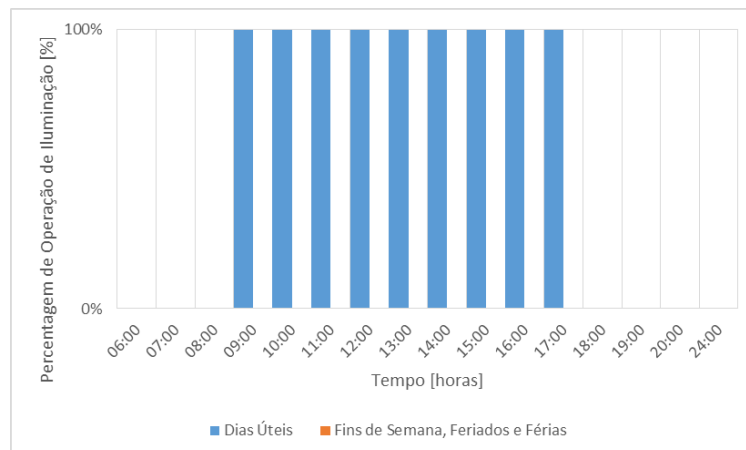


Imagem233 Perfil de Operação dos Sistemas Iluminação Artificial de Segunda a Domingo das 09:00 às 18:00 Horas Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1

O sucesso da solução proposta depende fortemente da sensibilização dos utilizadores do edifício Central e da Reitoria, nomeadamente da alteração comportamental destes ocupantes. Assim, para a aplicação da solução proposta sugere-se:

- ◁ Afixação de mensagens alerta junto a interruptores, como por exemplo: “Será mesmo necessário ligar a luz? E se abrissemos o estore?” ou “Vai sair? Não fica cá ninguém? Então para que deixar a luz acesa?” ou “Apague esta luz sempre que a mesma não seja necessária. O bolso de todos os portugueses agradece! Ah! E o ambiente também!”;
- ◁ Criação de mensagens instantâneas de correio eletrónico a serem enviadas próximo da hora de almoço e do fim do dia de trabalho para todos os colaboradores e/ou, caso exista um sistema áudio central no edifício, mensagens de voz alusivas à correta utilização da iluminação artificial, de forma a alertar todos os utilizadores a desligar os sistemas de iluminação das suas secretárias e gabinetes de trabalho;
- ◁ Realização de ações de formação e de informação junto da comunidade deste edifício, com o intuito de estimular uma atitude positiva no sentido da racionalização dos consumos de energia, neste contexto dos consumos de energia elétrica pelos sistemas de iluminação;
- ◁ Divulgação dos consumos dos vetores energéticos do edifício, devidamente tratados no sentido da fácil compreensão e interpretação dos mesmos por parte de todos os utilizadores e, se possível, organizados por grupo consumidor (iluminação, climatização, ventilação, etc.), recorrendo a meios multimédia, como ecrãs existentes nos espaços comuns de circulação, ou aos tradicionais meios de afixação, promovendo a sensibilização de todos os ocupantes para a problemática do consumos energético inadequado e lembrando ou relembando sempre que este edifício é a segunda casa de todos eles, onde despendem uma grande parte do tempo dos seus dias;
- ◁ Heteroavaliação do comportamento dos colaboradores, relativamente à correta utilização dos sistemas de iluminação, realizada por todos os seus colegas, no sentido do incentivo mútuo entre todos os ocupantes e, se possível, no sentido de beneficiar aqueles que apresentem uma boa avaliação através, por exemplo, da atribuição de diplomas, de cafés gratuitos durante uma semana no bar do edifício, entre outros “prémios”;

- ◁ Sensibilizar o grupo de seguranças para que estes possam interromper a operação de algum sistema de iluminação de locais que coincidam com o trajeto das suas habituais rondas noturnas.

Este tipo de solução ou soluções podem ser aplicadas a outros sistemas técnicos de edifícios, no entanto optou-se pelos sistemas de iluminação dado uma grande parte deles serem diretamente manipulados pelos ocupantes do edifício em análise e por representarem cerca de 37 % do consumo de energia elétrica total e 35 % do consumo total de energia no edifício Central e da Reitoria.

4.4.2. Indicadores de Desempenho Energético e Económico

Relativamente ao desempenho energético da solução de reabilitação energética de nível 1 proposta, o edifício Central e da Reitoria caracteriza-se por apresentar um consumo anual de gás natural de 67 030,66 kWh e um consumo anual de energia elétrica de 337 908,34 kWh. Quando comparados estes consumos com os consumos anuais representativos da realidade do edifício (situação antes da aplicação da solução), percebe-se que, tal como esperado, ocorre um aumento do consumo de gás natural e uma redução do consumo de energia elétrica. As alterações que a presente solução propõe atuam sobre a diminuição da utilização de sistemas de iluminação, sistemas estes consumidores de energia elétrica. Assim, é esperado que uma menor utilização destes sistemas resulte na diminuição do consumo de energia elétrica. Contudo, os sistemas de iluminação são considerados fontes internas de calor em edifícios, cujo calor gerado é quantitativamente manifestado e representado pela DPI (densidade de potência de iluminação). As fontes internas de calor podem influenciar positivamente ou negativamente o desempenho energético do edifício, uma vez que ao libertarem calor atuam no aquecimento do mesmo, podendo diminuir as necessidades de aquecimento e aumentar as de arrefecimento. Ao diminuir-se a utilização dos sistemas de iluminação também se diminui a DPI dos mesmos, logo menos calor é gerado e, assim, maiores serão as necessidades de aquecimento. O aquecimento no edifício em análise ocorre principalmente por recurso ao consumo de gás natural e, portanto, o mesmo aumenta com a presente solução. Também se verificou um ligeiro aumento do consumo anual de energia elétrica para efeitos de aquecimento (24,80 kWh) e uma ligeira ou moderada diminuição do consumo anual deste mesmo vetor energético para efeitos de arrefecimento (705,27 kWh). Esta diminuição em conjunto com a diminuição do consumo de energia pelos sistemas de iluminação contrabalança os aumentos verificados e contribui para a redução total no consumo de energia elétrica. O consumo anual de gás natural aumenta 2 983,25 kWh, o que corresponde a um aumento de, aproximadamente, 5 % relativamente à situação “real”. O consumo anual de energia elétrica diminui 21 531,71 kWh, o que corresponde a uma diminuição de cerca de 6 % relativamente à situação anterior à aplicação da solução de reabilitação. Este desempenho energético do edifício em análise traduz-se num IEE_{pr} de 115,21 kWh_{EP}·(m²·ano)⁻¹, inferior aos IEE_{pr} e IEE_{ef} relativos à situação real e inicial do edifício.

Quanto ao desempenho económico da presente solução proposta, pode-se considerar que a solução proposta não requer I_0 , uma vez que pode ser levada a cabo por um ou dois colaboradores de uma das diversas equipas dos vários serviços sediados no edifício em análise. No entanto, tendo em conta o consumo de recursos (artigos de papelaria e reprografia, principalmente) associado à afixação de mensagens em espaços comuns de circulação, em todos os gabinetes, bem como em todas as casas-de-banho e salas de reunião, considerou-se um I_0 de 100 € (equivalente a 400 cópias/impressões a um custo de 0,25 € cada uma). O valor de n do presente projeto de investimento foi calculado tendo em conta o tempo de amortização total de I_0 , o qual, para uma desvalorização a quotas constantes e a uma taxa de amortização de 12,5 %, resulta num período de 8 anos. (Pública, 2009) A taxa de amortização referida é a taxa genérica expressa no grupo 5 (elementos diversos) da tabela II anexa ao decreto regulamentar número 25/2009 para equipamento

publicitário colocado na via pública, tendo sido a melhor opção encontrada para este projeto de investimento. (Pública, 2009) Tendo em conta o que fora referido na secção anterior, dever-se-ia considerar n igual a 16 anos (duas vezes o período de amortização total de l_0). Contudo, no sentido de aproximar a desvalorização referida ao tipo de equipamento ao qual se destina efetivamente o l_0 do presente projeto de investimento, optou-se por considerar n igual a 8 anos. Optou-se por este valor, dada a discrepância entre o tipo de equipamento ao qual corresponde a taxa de amortização referida e o tipo de equipamento em causa no presente projeto de investimento. Assim, 16 anos pode ser um período exagerado tendo em conta a maior suscetibilidade do equipamento em causa à degradação e a atos de vandalismo. Considerando-se um tempo de amortização total de l_0 de 4 anos (metade do tempo resultante de uma amortização à taxa referida) e aplicando-se duas vezes esse período, n toma o valor de 8 anos. Na Tabela 19 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível 1. Assim, esta imagem compreende os valores da poupança, do prejuízo e do fluxo de tesouraria totais obtidos no final do projeto de investimento (R, C e CF, respetivamente), bem como os indicadores de desempenho económico (VAL, TIR, SPB, DPB e IR) para cada um dos cenários do modelo de viabilidade económica dinâmico e os valores da poupança (P) e do custo anual, bem como o indicador de desempenho económico (PRS) no âmbito do modelo de viabilidade económica simplificado.

Tabela19 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	32 285,14	35 058,90
C [€]	2 426,40	2 634,86
CF [€]	29 758,74	32 324,04
VAL [€]	26 626,92	25 930,48
TIR [%]	3 604,66	3 713,99
SPB [anos]	1	1
DPB [anos]	1	1
IR [-]	12,72	12,71
Modelo Simplificado		
P [€]	3 819,73	
C [€]	100	
PRS [dias]	11	

Uma vez que tanto o critério de aceitação do indicador de desempenho energético como os critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico são cumpridos nos dois cenários do modelo dinâmico e no modelo simplificado, verifica-se a viabilidade técnica e económica da solução de reabilitação energética de nível 1 proposta.

4.5. Reabilitação Energética Nível 2

4.5.1. Caracterização da Solução Proposta

A solução de reabilitação energética de nível 2 consiste em estabelecer uma temperatura *setpoint* de aquecimento inferior à estabelecida no modelo de SD representativo da realidade do edifício Central e da Reitoria. Neste sentido, alterou-se a temperatura *setpoint* de aquecimento de 22 °C para 20 °C (Imagem 234). Tal como já foi referido no capítulo 3, foi necessário aumentar esta temperatura *setpoint* no sentido de calibrar o modelo, nomeadamente calibrar o consumo de gás natural. No entanto, esta “medida de último recurso” só foi tomada depois de discutida com os SGTL e se ter chegado à conclusão que o aumento da temperatura *setpoint* seria uma realidade tão longínqua da existente no edifício, uma vez que a mesma varia conforme as manifestações de conforto dos ocupantes do edifício em análise.

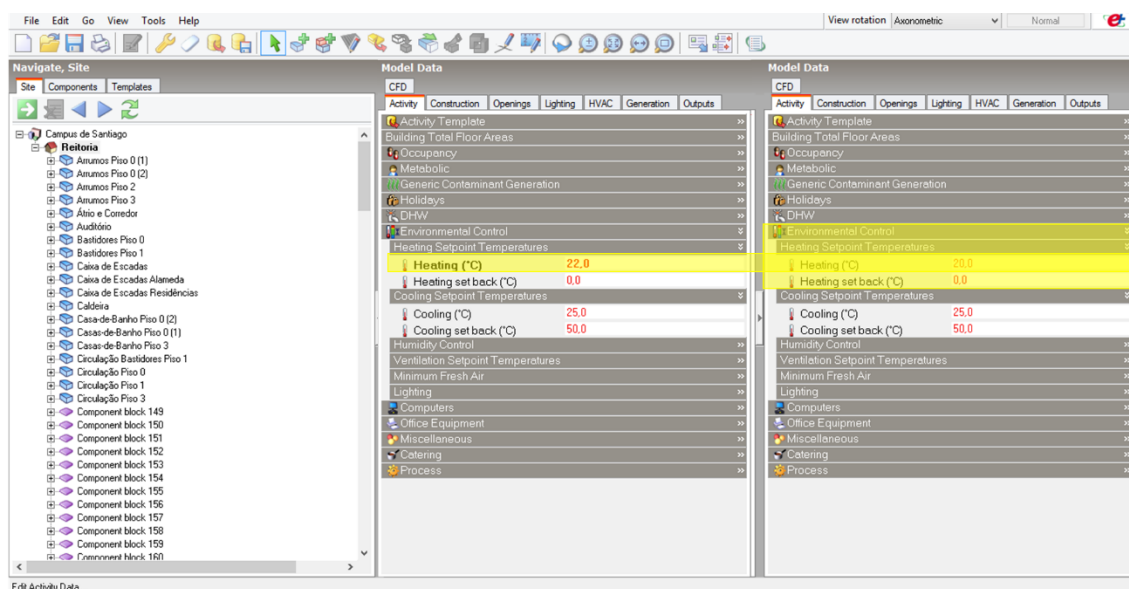


Imagem 234 Temperatura Setpoint de Aquecimento Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação de Nível 2 (temperatura da esquerda e temperatura da direita, respetivamente)

Tendo em conta o impacto direto e recíproco dos utilizadores no valor da temperatura *setpoint* de aquecimento e deste valor no conforto térmico dos ocupantes do edifício em estudo, facilmente se percebe que, para que a presente solução de reabilitação energética seja “levada a bom bordo”, é fundamental sensibilizar os utilizadores do edifício Central e da Reitoria. O conforto térmico dos ocupantes é um fator de especial importância, uma vez que pode afetar o desempenho dos utilizadores nas suas atividades a realizar no edifício em causa, na medida em que o desconforto afetará negativamente a execução de tarefas enquanto o conforto promoverá as condições desejadas para o normal funcionamento das mesmas. Além disto, este tema é especialmente sensível de se abordar junto dos utilizadores de edifícios, dado ser particularmente difícil chegar-se a um consenso quanto ao que cada um considera como confortável ou desconfortável. Assim e independentemente das condições interiores de conforto térmico, irá sempre existir uma percentagem de ocupantes insatisfeitos com essas condições. (Martins, Nelson, 2008d) Portanto, a solução para esta problemática deve também passar pela adaptação dos utilizadores às condições térmicas

interiores de edifícios, nomeadamente por uma adaptação mais ativa do vestuário consoante o desconforto que cada ocupante poderá sentir e/ou pela prática de pequenas ações que poderão contribuir para a melhoria do conforto térmico de cada um, como por exemplo a ingestão de bebidas quentes no sentido de reconfortar o corpo durante a estação de aquecimento ou a utilização dos vãos de escadas como alternativa aos elevadores sempre que necessitem de se deslocarem de um piso para outro, o que além de contribuir para o aumento do calor gerado pelo metabolismo dos ocupantes que irá promover a sensação de conforto térmico, também promove a redução do consumo de energia associado ao funcionamento dos elevadores e a saúde física dos ocupantes. (Martins, Nelson, 2008d) As duas últimas soluções referidas promovem o conforto térmico temporariamente, como consequência do processo de autorregulação corporal apesar da capacidade térmica do corpo (inércia). (Martins, Nelson, 2008d) A prática em conjunto (não necessariamente em simultâneo) e repetitiva destas soluções, aliada à capacidade isolante da roupa, poderá resultar em condições de conforto mais satisfatórias. (Martins, Nelson, 2008d) Estas sugestões foram abordadas no sentido do conforto térmico dos ocupantes do edifício em análise durante as estações do ano mais frias dado o âmbito de aplicação da presente solução de reabilitação, contudo soluções semelhantes ou equivalentes (utilização de vestuário mais fresco; ingestão de bebidas frescas; etc.) podem ser adotadas no sentido da promoção do conforto dos utilizadores durante as estações do ano mais quentes.

O sucesso da solução proposta depende fortemente da sensibilização dos utilizadores do edifício Central e da Reitoria, nomeadamente da alteração comportamental destes ocupantes. Assim, no sentido do sucesso desta solução e passando pelas sugestões referidas propõe-se:

- ◁ Afixação de mensagens na zona do bar (piso 0) e na zona da copa do piso 3, ou até mesmo nas várias zonas de circulação e nos gabinetes do edifício em análise, que incentivem a ingestão de bebidas quentes, como por exemplo: “Aqueça o seu dia, beba chá!” ou “Para combater este inverno que tal um chocolate quente?”;
- ◁ Afixação de mensagens junto aos elevadores do edifício em causa que incentivem a utilização dos vãos de escadas em alternativa aos elevadores, como por exemplo: “Vá de escadas! Chega mais rápido, aquece um bocadinho e ainda combate esses quilos a mais!” ou “Diga adeus ao frio! Mexa-se e vá de escadas!”;
- ◁ Criação de mensagens instantâneas de correio eletrónico a serem enviadas a meio da manhã e próximo da hora do lanche para todos os colaboradores e/ou, caso exista um sistema áudio central no edifício, mensagens de voz que incitem a ingestão de bebidas quentes e a utilização dos vãos de escadas em alternativa aos elevadores;
- ◁ Oferta de mantas e/ou canecas/garrafas térmicas, personalizadas com o logotipo da Universidade de Aveiro, a cada um dos colaboradores dos vários serviços sediados no edifício em análise, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico de cada um deles durante os momentos em que estes se encontrem a realizar tarefas maioritariamente de secretária e, simultaneamente ou não, conservar as condições térmicas de bebidas, incentivando assim a ingestão de bebidas quentes;
- ◁ Realização de ações de formação e de informação junto da comunidade deste edifício, com o intuito de estimular uma atitude positiva no sentido da racionalização dos consumos de energia, neste contexto na adoção de pequenas atitudes no dia-a-dia que melhorem o conforto térmico de todos sem necessidade de se recorrer ao aumento da temperatura *setpoint* de aquecimento;
- ◁ Divulgação dos consumos dos vetores energéticos do edifício, devidamente tratados no sentido da fácil compreensão e interpretação dos mesmos por parte de todos os utilizadores e, se possível, organizados por grupo consumidor (iluminação, climatização, ventilação, etc.), recorrendo a meios multimédia, como ecrãs existentes nos espaços comuns de circulação, ou

aos tradicionais meios de afixação, promovendo a sensibilização de todos os ocupantes para a problemática do consumo energético inadequado e lembrando ou relembando sempre que este edifício é a segunda casa de todos eles, onde despendem uma grande parte do tempo dos seus dias.

4.5.2. Indicadores de Desempenho Energético e Económico

Relativamente ao desempenho energético da solução de reabilitação energética de nível 2 proposta, o edifício Central e da Reitoria caracteriza-se por apresentar um consumo anual de gás natural de 39 861,38 kWh e um consumo anual de energia elétrica de 358 680,45 kWh. Quando comparados estes consumos com os consumos anuais representativos da realidade do edifício, percebe-se que, tal como esperado, ocorre a redução simultânea dos consumos de gás natural e de energia elétrica. As alterações que a presente solução propõe atuam sobre a diminuição da utilização das unidades de produção de calor para o aquecimento ambiente, unidades estas consumidoras de gás natural e energia elétrica. Assim, é esperado que uma menor utilização destas unidades resulte na diminuição dos consumos de ambos os vetores energéticos. Também se verificou pequenas variações nos consumos anuais de energia elétrica para efeitos de energia auxiliar aos sistemas de climatização e ventilação (aumento de 28,40 Wh), bem como para efeitos de produção de AQS (redução de 26,52 Wh). A variação no consumo de energia elétrica pelos sistemas de produção de AQS em conjunto com a diminuição do consumo desse mesmo vetor energético pela unidade de produção de calor elétrica (*chiller* reversível) contrabalança o ligeiro aumento verificado no consumo de energia pelos sistemas de energia auxiliar à climatização e à ventilação e contribui para a redução total no consumo de energia elétrica. O consumo anual de gás natural diminui 24 186,03 kWh, o que corresponde a uma redução de, aproximadamente, 38 % relativamente à situação “real”. O consumo anual de energia elétrica diminui 759,60 kWh, o que corresponde a uma diminuição de cerca de 0,21 % relativamente à situação anterior à aplicação da solução de reabilitação. O aquecimento no edifício em análise ocorre principalmente por recurso ao consumo de gás natural e, portanto, a redução do mesmo diminui significativamente com a presente solução, enquanto o consumo de energia elétrica sofre uma redução quase insignificativa. Este desempenho energético do edifício em análise traduz-se num IEE_{pr} de 118,34 kWh_{EP}·(m²·ano)⁻¹, inferior aos IEE_{pr} e IEE_{ef} relativos à situação real e inicial do edifício.

Quanto ao desempenho económico da presente solução proposta, pode-se considerar que a solução proposta não requer I₀, uma vez que pode ser levada a cabo por um ou dois colaboradores de uma das diversas equipas dos vários serviços sediados no edifício em análise. No entanto, tendo em conta o consumo de recursos (artigos de papelaria e reprografia, principalmente) associado à afixação de mensagens e a aquisição de mantas e canecas/garrafas térmicas (produtos de *merchandising*), considerou-se um I₀ total de 8 600 €. Tal como a Tabela 20 demonstra, este valor divide-se no custo associado a cada cópia/impressão (em € por unidade) e no custo de aquisição de cada produto de *merchandising* (em € por unidade). Os custos associados aos produtos de *merchandising* foram consultados on-line (<http://www.proglobal.pt/>).

Tabela20 Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível 2

Produtos	Quantidade [unidades]	Custo Individual [€ / u n i d a]	C u s t o T o t
Cópias/Impressões	400	0,25	100
Mantas	500	5	2 500
Canecas/Garrafas Térmicas	500	12	6 000

O valor de n do presente projeto de investimento foi calculado tendo em conta o tempo de amortização total de l_0 , o qual, para uma desvalorização a quotas constantes e a uma taxa de amortização de 12,5 %, resulta num período de 8 anos. (Pública, 2009) A taxa de amortização referida é a taxa genérica expressa no grupo 5 (elementos diversos) da tabela II anexa ao decreto regulamentar número 25/2009 para outros artigos de conforto e decoração, no caso dos produtos de *merchandising* para equipamento publicitário colocado na via pública, no caso das cópias/impressões. (Pública, 2009) Esta taxa foi a melhor opção encontrada para este projeto de investimento. Tendo em conta duas vezes o período de amortização total de l_0 , dever-se-ia considerar n igual a 16 anos. Contudo, dada a metodologia aplicada na solução de reabilitação energética anterior para um l_0 em cópias/impressões, optou-se por analisar a viabilidade económica do presente projeto de investimento para n igual a 8 anos e para n igual a 16 anos.

Assim, na Tabela 21 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível 2 na ótica do n igual a 8 anos.

Tabela21 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 2 do Projeto de Investimento com Duração de 8 Anos

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	20 810,42	22 598,34
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	12 210,42	13 998,34
VAL [€]	10 027,66	9 542,27
TIR [%]	24,85	27,25
SPB [anos]	4	4
DPB [anos]	4	4
IR [-]	2,17	2,11
Modelo Simplificado		
P [€]	2 462,13	
C [€]	8 600,00	
PRS [anos]	3	

E na Tabela 22 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível 2 na ótica do n igual a 16 anos.

Tabela22 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 2 na Ótica do Projeto de Aquecimento com Duração de 16 Anos

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	43 345,12	50 132,23
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	34 745,12	41 532,23
VAL [€]	26 583,01	24 503,53
TIR [%]	29,67	32,06
SPB [anos]	4	4
DPB [anos]	4	4
IR [-]	4,09	3,85
Modelo Simplificado		
P [€]	2 462,13	
C [€]	8 600,00	
PRS [anos]	3	

Uma vez que, em ambas as análises, tanto o critério de aceitação do indicador de desempenho energético como os critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico são cumpridos nos dois cenários do modelo dinâmico e no modelo simplificado, verifica-se a viabilidade técnica e económica da solução de reabilitação energética de nível 2 proposta.

4.6. Reabilitação Energética Nível 3

4.6.1. Caracterização da Solução Proposta

A solução de reabilitação energética de nível 3 consiste em substituir a unidade de produção de calor para aquecimento a gás natural existente no edifício Central e da Reitoria por uma unidade nova mais eficiente.

A substituição que a presente solução de reabilitação energética propõe passa por alterar a caldeira existente no edifício em análise, considerada convencional, com uma potência nominal de 272 kW e um rendimento nominal de 91,9 % por uma caldeira de condensação com uma potência nominal de, aproximadamente, 310 kW e um rendimento nominal de cerca de 98 %. Para este efeito, foi utilizada como referência a caldeira industrial de condensação da marca ZANTIA (<http://www.zantia.com/>) modelo Hamburgo C 290 4 bar, com uma potência térmica útil de 290 kW e um rendimento de 94,3 %. No Anexo 14 pode ser consultada a ficha técnica e o catálogo comercial deste modelo. A seleção de uma alternativa mais eficiente passou por em primeiro lugar determinar qual a potência da caldeira realmente necessária para satisfazer as necessidades de aquecimento do edifício em estudo. Neste sentido, recorreu-se à ferramenta de cálculo *Heating design software* DesignBuilder para determinar qual essa potência necessária ou *total design heating capacity*. Esta ferramenta, tendo por base as perdas térmicas totais em cada zona do edifício associadas às condições climáticas de projeto mais frias de inverno que poderão ser encontradas na localização do edifício em causa, determina a potência térmica recomendável. (DesignBuilder, 2014j, 2014k) Tal como a Imagem 235 ilustra, do cálculo realizado pela ferramenta *Heating design* resulta um quadro

resumo (*summary tab*) ao qual consta quer a potência térmica total recomendada (para todo o edifício) quer a potência térmica recomendada em cada zona do edifício. Assim, nos casos, como o do edifício Central e da Reitoria, em que a unidade de produção de calor que se pretende dimensionar só serve determinadas zonas do edifício, facilmente se conhece a potência térmica recomendada para essa unidade (menor que a potência térmica total). Para este caso em concreto em análise a potência térmica total recomendada consiste em 318,93 kW, porém, diminuída da potência térmica associada à bomba de calor (BC) e às unidades do tipo *split* existentes no edifício, obtém-se a potência térmica recomendada para a caldeira de, aproximadamente, 270 kW.

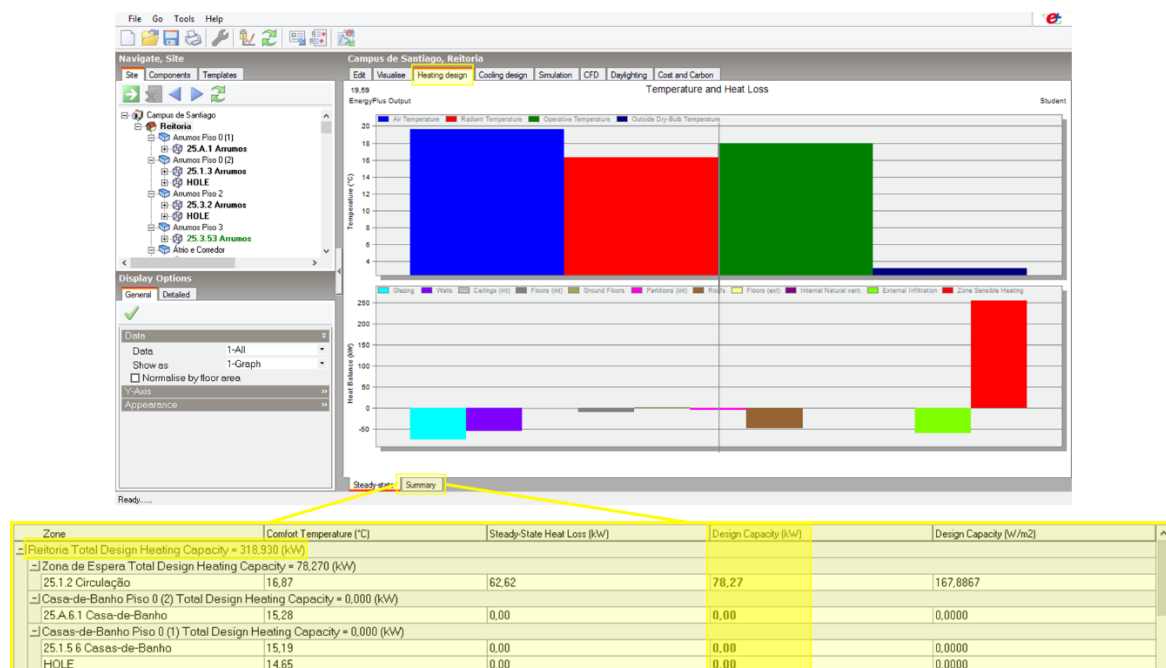


Imagem235-Potência Térmica de Aquecimento Recomendada pelo Cálculo do Heating design do DesignBuilder

Após seleccionada a solução a gás natural para substituir a caldeira existente, foi necessário calcular-se o rendimento sazonal do equipamento seleccionado. Tal como já foi referido no capítulo 3 a eficiência das caldeiras (convencionais, condensação, etc.) (η_k) varia consoante a carga em que as mesmas se encontram a operar. O rendimento ou eficiência sazonal consiste num valor “médio” que tem em conta esta relação da eficiência com a carga. O rendimento sazonal da caldeira foi necessário na caraterização do edifício, nomeadamente na caraterização da unidade de produção de calor a gás natural, e aqui na caraterização da solução de reabilitação de nível 3, nomeadamente na caraterização da nova caldeira que se pretende analisar. Esta necessidade existe como consequência da utilização do método simples de modelação dos sistemas AVAC no *software* de SD utilizado. Ao utilizar-se este método na caraterização do edifício é também necessário utiliza-lo na reabilitação energética, para que os termos de comparação sejam os mesmos. Posto isto, recorreu-se à curva normalizada da eficiência de caldeiras de condensação utilizada pelo DesignBuilder, quando o método de modelação dos sistemas AVAC utilizado consiste ou no método compacto ou no detalhado. Tal como a Imagem 236 demonstra, a curva da eficiência de caldeiras de condensação consiste numa curva biquadrática cuja equação que a representa (equação (28)) é caracterizada pelos coeficientes apresentados nesta mesma imagem.

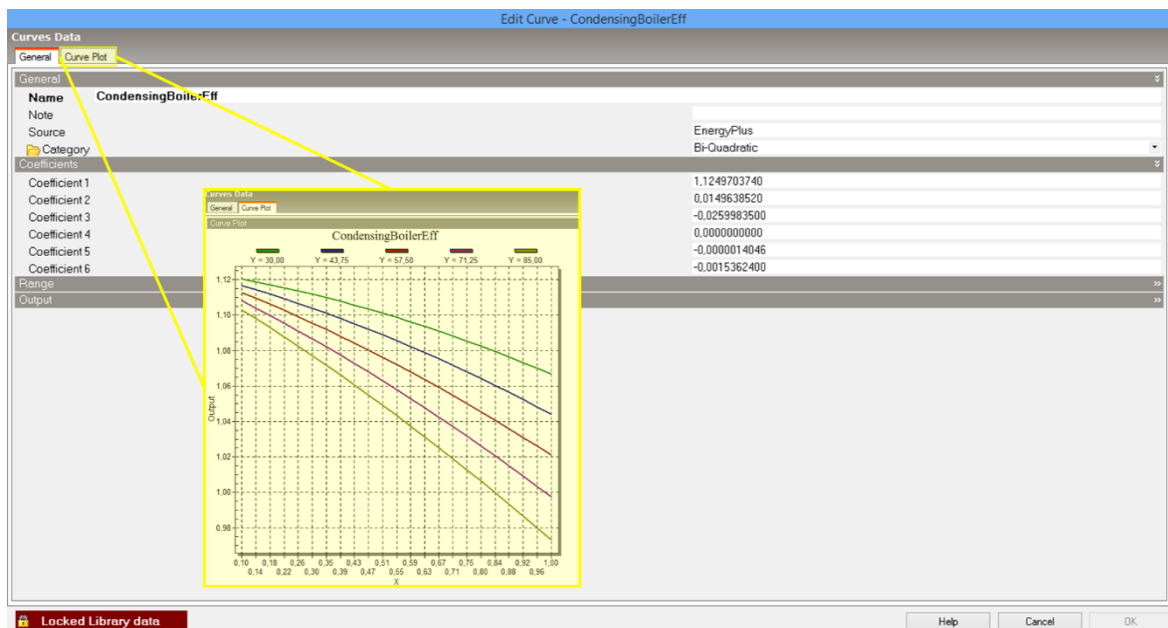


Imagem236-Curva Biquadrática da Eficiência de Caldeiras de Condensação Utilizada pelo DesignBuilder

A equação (28) representa a curva da eficiência de caldeiras de condensação biquadrática e nesta PLR representa a carga de operação da caldeira (*boiler partload ratio*), T_w a temperatura da água à saída da caldeira e os elementos de A_0 a A_5 os seis coeficientes apresentados pela Imagem 236, sendo que a A_0 corresponde o coeficiente 1, a A_1 o coeficiente 2, etc. (DesignBuilder, 2014e, 2014l)

(28)

Para que se pudesse utilizar a equação (28), foi necessário calcular o consumo de gás natural horário (em kW) considerando-se uma eficiência da caldeira de 100 %, obtendo-se assim a potência útil horária de aquecimento (em kW) que dividida pela potência nominal da caldeira que se propõe instalar resulta no valor de PLR para todas as horas do ano. T_w considerou-se fixa e igual a 75 ° C. Estando reunidas as condições para se aplicar a equação (28) calculou-se E_{ff} para cada valor de PLR, que, após corrigida pelo valor do rendimento da caldeira nova (produto de E_{ff} com rendimento), resulta na eficiência horária da caldeira de condensação para cada valor de PLR. A Imagem 237 apresenta a curva que relaciona E_{ff} , já corrigida, com PLR obtida.

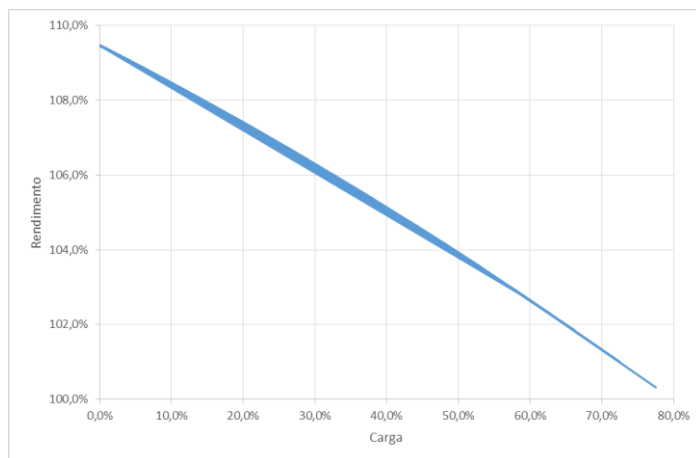


Imagem237 Curva Rendimento-Carga Obtida

Contudo, ainda é necessário calcular o rendimento sazonal. Assim, foi ainda necessário dividir para cada hora do ano o correspondente consumo de gás natural pelo valor da correspondente eficiência corrigida da caldeira, obtendo-se no final a potência nominal horária de aquecimento (em kW). Por fim dividindo-se a potência útil anual de aquecimento, resultante da soma dos consumos de gás natural em cada hora do ano, pela potência nominal anual de aquecimento (em kWh), resultante da soma dos valores da potência nominal em cada hora do ano, obtém-se o rendimento sazonal da caldeira que se pretende instalar em substituição da existente. O rendimento sazonal obtido toma o valor de 106,54 % (Imagem 238).

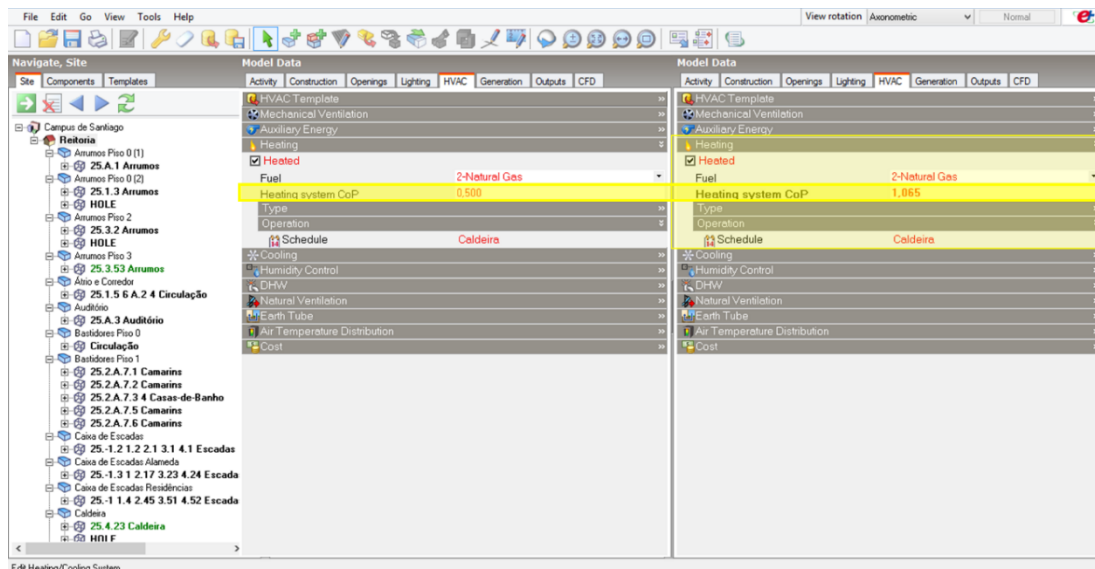


Imagem238 Rendimento Sazonal da Unidade de Produção de Calor Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nivel 3 (rendimento sazonal da esquerda e rendimento sazonal da direita, respetivamente)

Antes de concluir a caracterização da presente opção de reabilitação energética, é importante referir que a solução proposta foi sujeita à verificação do cumprimento do requisito de produção associado aos sistemas de aquecimento e/ou preparação AQS com caldeira(s) ou esquentador(es), que faz parte de um conjunto de requisitos de cumprimento obrigatório pelos edifícios novos (data de entrada do projeto de arquitetura, posterior à data de entrada em vigor do SCE em vigor) ou, quando aplicável, pelos edifícios sujeitos a grande intervenção. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

O requisito de produção aplicável a caldeiras e esquentadores consiste no cumprimento do limite inferior da classe de eficiência energética da unidade de produção em análise correspondente ao requisito mínimo estabelecido. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) A Imagem 239 ilustra qual o requisito mínimo em causa e qual o rendimento nominal associado às classes de eficiência energética impostas. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Relembrando o valor do rendimento nominal da caldeira de condensação proposta (94,3 %), facilmente se percebe que quer o requisito mínimo aplicável após a entrada em vigor do pacote legislativo do SCE quer o requisito mínimo aplicável após 31 de dezembro de 2015 são cumpridos pela solução proposta.

Tabela I.18 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 dez 2015
Caldeira	B	A

Tabela I.19 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores

Caldeiras	Classe de eficiência energética	Rendimento nominal (η)
	A++ (1)	$\eta \geq 96\%$
	A+ (2)	$96\% \geq \eta > 92\%$
	A	$92\% \geq \eta > 89\%$
	B	$89\% \geq \eta > 86\%$
	C	$86\% \geq \eta > 83\%$
	D	$83\% \geq \eta > 80\%$
	E	$80\% \geq \eta > 77\%$
	F	$\eta \leq 77\%$
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	$\leq 10\text{kW}$	$\geq 0,82$
	$> 10\text{ kW}$	$\geq 0,84$

Imagem239 Requisito Mínimo de Eficiência Energética de Caldeiras e seus Rendimentos Nominais por Classe de Eficiência Energética

4.6.2. Indicadores de Desempenho Energético e Económico

Relativamente ao desempenho energético da solução de reabilitação energética de nível 3 proposta, o edifício Central e da Reitoria caracteriza-se por apresentar um consumo anual de gás natural de 30 059,32 kWh e um consumo anual de energia elétrica de 359 440,05 kWh. Quando comparados estes consumos com os consumos anuais representativos da situação antes da aplicação da solução, percebe-se que, tal como esperado, ocorre uma drástica redução no consumo de gás natural. As alterações que a presente solução propõe atuam sobre a substituição da unidade de produção de calor para o aquecimento ambiente a gás natural existente por outra mais eficiente, logo menor será a potência absorvida neste processo de climatização do edifício. Assim, é esperado que resulte uma diminuição do consumo de gás natural. O consumo anual de gás natural diminui 33 988,09 kWh, o que corresponde a uma redução de, aproximadamente, 53 % relativamente à situação “real”. O consumo anual de energia elétrica não sofre qualquer alteração. Este desempenho energético do edifício em análise traduz-se num IEE_{pr} de 117,34 $\text{kWh}_{EP} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$, inferior aos IEE_{pr} e IEE_{ef} relativos à situação real e inicial do edifício.

Quanto ao desempenho económico da presente solução proposta, o I_0 toma o valor de 30 308,17 € a serem recuperados expectavelmente nos anos de duração do presente projeto de investimento. Este valor monetário divide-se em custo de aquisição dos produtos (em € por unidade), em custos de mão-de-obra (em € por hora) e outros custos associados à entrega e montagem dos produtos adquiridos (em € por unidade), como custos de meios auxiliares e custos indiretos. Os custos associados à aquisição da caldeira de condensação proposta foram facultados pelo comercial de Aveiro do grupo ZANTIA (gabinete comercial ZANTIA Climatização S.A. Viseu) (<http://www.zantia.com/>). O documento com a informação de preços, facultado pelo comercial, pode ser consultado no Anexo 15. Neste anexo os preços unitários da caldeira, do adaptador, do tubo em Te 90 ° e da tampa da chaminé foram retificados, respetivamente, para 17 076,43 €, 56,40 €, 168,41 € e 29,23 €, uma vez que os preços, destes componentes, constantes no documento não são representativos da caldeira selecionada. Esta retificação consequentemente também afeta o valor total

constante neste mesmo documento. Os custos de mão-de-obra e os outros custos associados foram consultados no Gerador de Preços *on-line* da CYPE Ingenieros (<http://www.geradordeprecos.info/>), alterando as características da obra e recorrendo aos preços compostos de reabilitação energética, nomeadamente de desmontagem de caldeira, para substituição por equipamento com melhor eficiência energética, e de caldeira a gás coletiva de pé de condensação para aquecimento (aquecimento, climatização e AQS). Os custos de aquisição compreendem o preço da caldeira de condensação, bem como os preços do queimador e de todos os equipamentos necessários ao circuito de recirculação e à chaminé. Os custos de mão-de-obra e outros custos dizem respeito tanto à desmontagem do equipamento existente como à instalação da nova máquina. Os custos de mão-de-obra associados à desmontagem do equipamento existente compreendem, além da mão-de-obra humana, o custo associado à utilização de uma autogrua de braço telescópico durante, aproximadamente, duas horas e 15 minutos. À nova instalação, além de corresponderem custos de mão-de-obra e outros efetivamente associados à nova instalação, fizeram-se também corresponder custos de mão-de-obra e outros associados à desmontagem numa ótica de montagem. Uma vez que a desmontagem da caldeira existente requer um conjunto de recursos e meios (como a autogrua, por exemplo), considerou-se que os mesmos também seriam necessários na montagem da nova caldeira. Assim, teve-se em conta duas vezes os custos associados à desmontagem, uma vez para a desmontagem da caldeira existente e outra para a montagem da nova caldeira. Os custos de desmontagem associados à montagem da nova caldeira foram adicionados aos custos da nova instalação, uma vez que não se verificou estarem presentes quaisquer custos de recurso a autogrua durante a montagem no ficheiro da instalação exportado do Gerador de Preços. A Tabela 23 apresenta a desagregação do valor de I_0 por aquisição, mão-de-obra e outros, tendo em conta a desmontagem e a nova instalação. No Anexo 16 podem ser analisados os ficheiros exportados diretamente do Gerador de Preços.

Tabela23 Discriminação Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível 3

Tipologia de Custo de Investimento Inicial		M o n t a n t
Aquisição		28 820,13
Desmontagem	Mão-de-Obra	263,39
	Outros	13,33
Instalação	Mão-de-Obra	401,78
	Outros	809,54

O valor de n do presente projeto de investimento foi calculado tendo em conta o tempo de amortização total de I_0 , o qual, para uma desvalorização a quotas constantes e a uma taxa de amortização de 7,14 %, resulta num período de 14 anos. (Pública, 2009) A taxa de amortização referida é a taxa genérica expressa no grupo 2 (instalações) da tabela II anexa ao decreto regulamentar número 25/2009 para caldeiras e alambiques. (Pública, 2009) Tendo em conta duas vezes o período de amortização total de I_0 , considerou-se n igual a 28 anos.

Na Tabela 24 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível 3.

Tabela24 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 3

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	107 193,77	136 965,48
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	76 885,60	106 657,31
VAL [€]	44 914,12	37 138,12
TIR [%]	11,28	13,12
SPB [anos]	9	9
DPB [anos]	10	11
IR [-]	2,48	2,23
Modelo Simplificado		
P [€]	3 270,61	
C [€]	30 308,17	
PRS [anos]	9	

Uma vez que tanto o critério de aceitação do indicador de desempenho energético como os critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico são cumpridos nos dois cenários do modelo dinâmico e no modelo simplificado, verifica-se a viabilidade técnica e económica da solução de reabilitação energética de nível 3 proposta.

4.7. Reabilitação Energética Nível 4

4.7.1. Caracterização da Solução Proposta

A solução de reabilitação energética de nível 4 consiste em substituir todas as lâmpadas existentes no edifício Central e da Reitoria por lâmpadas mais eficientes. Neste sentido, a pesquisa de novas lâmpadas baseou-se em produtos de iluminação LED (diodo emissor de luz). A tecnologia LED assegura um “reduzido consumo energético, maior durabilidade e fiabilidade dos equipamentos e, por conseguinte, com menores custos de manutenção associados.” (Primelux, [s.d.]) “Uma vez que o LED tem um feixe de luz que não emite raios ultravioletas ou infravermelhos” e “como não contém metais pesados como o mercúrio ou o chumbo”, esta tecnologia garante um menor impacto para o meio ambiente envolvente. (Primelux, [s.d.]) Estes factos foram algumas das razões pelas quais se optou por centrar esta solução de reabilitação energética na tecnologia LED, contudo foram essencialmente o seu elevado tempo de vida útil e a sua maior eficiência relativamente às soluções tradicionais que pesaram nesta tomada de decisão. (Primelux, [s.d.]) Apesar do referido, no conjunto das lâmpadas propostas existem também lâmpadas de descarga de alta intensidade, mais concretamente dois tipos diferentes de lâmpadas de sódio de alta pressão. As lâmpadas de sódio de alta pressão não são tão “amigas do ambiente” como as lâmpadas LED, contudo apresentam eficiências bastante atrativas, muitas vezes superiores às apresentadas pelas lâmpadas LED.

Na pesquisa de novas lâmpadas a eficiência luminosa (em $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$) tem a maior das importâncias, uma vez que o que se deseja é manter ou aumentar o número de lumens (fluxo luminoso ou O), lm , e diminuir a potência absorvida (em W), ou seja, o que se deseja é lâmpadas com elevado número de $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ (elevada eficiência luminosa). Contudo, desconhecem-se os O dos sistemas de iluminação existentes no edifício em

análise e, logo, também não são conhecidas as eficiências luminosas praticadas no mesmo. Tal como foi referido no capítulo 2, o O é o parâmetro luminotécnico que serve de base aos restantes parâmetros. Assim, conhecendo-se as iluminâncias ou as iluminâncias médias (E ou E_m) praticadas nas várias zonas do edifício, bem com as áreas incidentes dessas zonas, é possível determinar-se os valores de O . Tanto as áreas incidentes das várias zonas como os valores de E_m são parâmetros que foram fundamentais na caracterização do modelo de SD (simulação dinâmica) do edifício em análise, porém, tal como foi mencionado no capítulo 3, optou-se por considerar os valores de E_m que o *software* utilizado aplica ou sugere por defeito. Estes valores aplicados por defeito não representam necessariamente os valores mais corretos a aplicar nos dias atuais, nem tão pouco no futuro a longo prazo. Assim, optou-se por recorrer a valores de E_m normalizados, com o auxílio da portaria número 349-D/2013 que é parte integrante do pacote legislativo do SCE em vigor. Estes valores não foram aplicados aquando da caracterização do modelo de SD do edifício Central e da Reitoria, uma vez que representam a modernização que as imposições atuais estabelecem. Modernização e imposições estas que o edifício real não afige.

Posto isto, em primeiro lugar atribuiu-se a cada uma das zonas do edifício em análise a E_m correspondente aos espaços ou tarefas, que mais similares são às zonas do edifício em causa, presente no ponto 5.3 “Requisitos de iluminação para espaços interiores, tarefas e atividades” da *European Normalization* (EN) 12464-1. Atribuída a E_m a cada uma das zonas do edifício, facilmente se calculou o O “ideal” para cada uma delas (E_m a dividir pela área). Em segundo lugar e de forma muito semelhante à atribuição da E_m , foram aplicados às várias zonas do edifício em análise os valores de DPI, segundo o tipo de espaço existente e a função levada a cabo em edifícios, indicados na Tabela I.28 da portaria número 349-D/2013. Por último, resolveu-se em ordem à potência de iluminação de cada uma das zonas do edifício em causa a equação que se segue, que resulta do cruzamento da equação (17) da portaria número 349-D/2013 com a equação (12) do capítulo 2 do presente trabalho.

$$\frac{I}{O} = \frac{C \cdot E_m}{A} \quad (29)$$

Obtidos os O e as potências de iluminação “idealmente” a praticar nas várias zonas do edifício em causa, foi possível calcular-se a eficiência luminosa “ideal” e, assim, reunirem-se as condições necessárias para se dar início à pesquisa de novas lâmpadas. Desta pesquisa resultou um conjunto de lâmpadas selecionadas mediante o cumprimento de 4 requisitos. O 1º requisito impõe que os valores das E_m das zonas do edifício não excedam em mais de 30 % os valores presentes no ponto 5.3 da EN 12464-1 correspondentes aos espaços ou tarefas mais similares aos existentes no edifício em análise; o 2º requisito determina que a potência dos sistemas de iluminação das várias zonas não deve ser superior à potência de iluminação calculada segundo a equação (29); o 3º requisito impõe que as DPI nas várias zonas do edifício em causa sejam inferiores ou iguais aos valores indicados na Tabela I.28 da portaria número 349-D/2013 correspondentes ao tipo de espaço e/ou função mais similares aos existentes no edifício em análise; e, por fim, o 4º requisito estabelece que a eficiência luminosa dos sistemas de iluminação em cada zona seja superior ou igual à que foi calculada, para cada uma dessas mesmas zonas, tendo em conta a E_m atribuída mediante a similaridade das zonas do edifício em análise com os espaços ou tarefas presentes no ponto 5.3 da EN 12464-1. É importante referir que os requisitos 1º e 3º mencionados fazem parte do conjunto de requisitos de cumprimento obrigatório pelos edifícios novos (data de entrada do projeto de arquitetura, posterior à data de entrada em vigor do SCE em vigor) ou, quando aplicável, pelos edifícios sujeitos a grande intervenção que pretendam instalar sistemas técnicos de iluminação. (Emprego, 2013a) Neste sentido salienta-se o pioneirismo da presente proposta de reabilitação energética.

Tendo presente a caracterização dos sistemas de iluminação realizada no capítulo 3, a presente solução de reabilitação energética propõe a substituição de todas as lâmpadas existentes pelo conjunto de lâmpadas presente na Tabela 25. A pesquisa realizada restringiu-se aos produtos de iluminação LED da marca PHILIPS (<http://www.philips.pt/>). No entanto e tal como já foi referido, foi necessário recorrer à tecnologia de lâmpadas de descarga de alta intensidade, uma vez que não foi possível encontrar uma solução LED que fosse ao encontro dos O (fluxos luminosos) “exigidos” em duas das zonas do edifício Central e da Reitoria. Como as lâmpadas de sódio de alta pressão apresentam também uma eficiência luminosa atrativa, optou-se por esta tecnologia. Para concluir é importante referir que uma das 40 lâmpadas do tipo LED *Esférica* não cumpre o 2º requisito imposto. Esta lâmpada compõem o sistema de iluminação da zona de arrumos do piso 2 (25.3.2 Arrumos) e trata-se da única lâmpada que não cumpre 1 dos 4 requisitos. Além do referido, esta situação de incumprimento é também ela única, ou seja, todas as restantes lâmpadas (LED *Esféricas* e todos os outros tipos) cumprem todos os requisitos e a lâmpada em causa só não cumpre o requisito relativo à potência. Na impossibilidade de se encontrar uma melhor solução alternativa (menor potência absorvida), manteve-se a existente com a consciência de que menos aceitável seria o incumprimento dos requisitos 1º e 3º. A tabela que se segue caracteriza quanto ao O, à potência de iluminação e à eficiência luminosa garantidos por cada um dos tipos de lâmpadas selecionadas. A potência de iluminação e a eficiência luminosa já têm em conta o peso dos balastros, bem como o número de lâmpadas e balastros. É importante referir que se considerou que as luminárias e os balastros existentes podem ser aproveitados para a substituição e a instalação de lâmpadas caracterizadas pela presente solução de reabilitação energética. Também se considerou a total compatibilidade de casquilhos ou encaixes das lâmpadas selecionadas.

Tabela25 Lâmpadas a Substituir no Âmbito da Solução de Reabilitação Energética de Nível

Tipo	Quantidade [lâmpadas]	O [lm]	Intervalo Potência Iluminação [W]	Intervalo Eficiência Luminosa [lm·(W⁻¹)]
LED CorePro LEDcapsule LV	1	200	7,2	27,78
LED Esférica	40	250	8...66	31,25-45,45
LED Standard	140	470	11...408	42,73-55,29
LED Standard	8			
LED MASTER LEDspot PAR30	3	650	14,5-24	44,83-54,17
LED Standard	84	806	28...322	57,57...70,09
LED MASTER LEDtube VLE	8	1 000	15...50	66,67-80
LED Standard	4	1 055	33	63,94
LED MASTER LEDtube GA110	13	1 265	20...140	63,25-72,29
LED Standard	425	1 521	60...2 820	63,38...86,91
LED MASTER LEDtube VLE	86	1 600	21...378	76,19...92,75
LED CorePro LEDtube	263	2 000	54...833	74,07...81,63
LED MASTER LEDtube VLE	71	2 100	180...1 125	84-93,33
LED MASTER LEDtube VLE	86	3 100	51...663	110,71...121,57
Sódio de Alta Pressão MASTER SON T APIA Plus Hg Free	24	6 300	1 800	84
Sódio de Alta Pressão MASTER SON T APIA Plus Hg Free	2	57 600	830	138,80

4.7.2. Indicadores de Desempenho Energético e Económico

Relativamente ao desempenho energético da solução de reabilitação energética de nível 4 proposta, o edifício Central e da Reitoria caracteriza-se por apresentar um consumo anual de gás natural de 79 718,87

kWh e um consumo anual de energia elétrica de 294 943,45 kWh. Quando comparados estes consumos com os consumos anuais representativos da situação antes da aplicação da solução, percebe-se que, tal como esperado, ocorre um aumento do consumo de gás natural e uma redução do consumo de energia elétrica. As alterações que a presente solução propõe atuam sobre a diminuição dos sistemas de iluminação (menos 349 lâmpadas e 123 balastos após a aplicação da solução) e a substituição das lâmpadas existentes por outras mais eficientes (menos W absorvidos). Assim, é esperado que resulte uma diminuição do consumo de energia elétrica, como também é esperada uma diminuição do calor gerado por estes sistemas e, portanto, um aumento no consumo de gás natural. Também se verificou um ligeiro ou moderado aumento do consumo anual de energia elétrica para efeitos de aquecimento (224,77 kWh) e uma relevante diminuição do consumo anual deste mesmo vetor energético para efeitos de arrefecimento (3 720,87 kWh). Esta diminuição em conjunto com a diminuição do consumo de energia pelos sistemas de iluminação contrabalança os aumentos verificados e contribui para a redução total no consumo de energia elétrica. O consumo anual de gás natural aumenta 15 671,46 kWh, o que corresponde a um aumento de, aproximadamente, 24,47 % relativamente à situação “real”. O consumo anual de energia elétrica diminui 64 496,61 kWh, o que corresponde a uma diminuição de cerca de 17,94 % relativamente à situação anterior à aplicação da solução de reabilitação. Este desempenho energético do edifício em análise traduz-se num IEE_{pr} de $103,24 \text{ kWh}_{EP} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$, inferior aos IEE_{pr} e IEE_{ef} relativos à situação real e inicial do edifício.

Quanto ao desempenho económico da presente solução proposta, o I_0 toma o valor de 33 089,94 € a serem recuperados expectavelmente nos anos de duração do presente projeto de investimento. Este valor monetário divide-se em custo de aquisição dos produtos (em € por unidade), em custos de mão-de-obra (€ por hora) e outros custos associados à entrega e montagem dos produtos adquiridos (€ por unidade), como custos de meios auxiliares e custos indiretos. Os custos por lâmpada adquirida foram consultados no *site* oficial da PHILIPS Portugal (<http://www.philips.pt/>), bem como no “Catálogo de Lâmpadas e Luminárias LED – Segundo Semestre 2014” de julho de 2014 da PHILIPS e na “Tabela de Iluminação Profissional” de março de 2015 da PHILIPS. Estes valores podem ser consultados na Tabela 27. Os custos de mão-de-obra e os outros custos associados foram consultados no Gerador de Preços *on-line* da CYPE Ingenieros (<http://www.geradordeprecos.info/>), alterando as características da obra e recorrendo aos preços compostos de instalações de iluminação interior e de reabilitação energética, nomeadamente substituição de lâmpadas. A consulta de preços de instalações de iluminação interior justifica-se pela aplicação de sistemas de iluminação nas 4 ZNU do edifício em análise; a não existência de iluminação natural e artificial ou a não utilização destes sistemas não significa eficiência energética, significa redução de custos com drástica diminuição do conforto no interior de edifícios. A consulta de custos de substituição de lâmpadas justifica-se olhando à principal finalidade da presente solução de reabilitação energética. Assim, os custos de mão-de-obra e outros custos relativos a novas instalações resultam, respetivamente, da multiplicação de 4,85 € e 7,61 € com as 14 luminárias a instalar nas ZNU e estes mesmos custos porém associados à substituição resultam, respetivamente, da multiplicação de 0,64 € e 0,20 € com as 1 244 lâmpadas a substituir, já descontadas das lâmpadas a instalar nas ZNU. No Anexo 17 podem ser analisados os ficheiros exportados diretamente do Gerador de Preços e na Tabela 26 os valores aplicados no presente projeto de investimento.

Tabela 26 Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível 4

Tipologia de Custo de Investimento Inicial		Montante [€]
Aquisição		31 866,51
Instalação	Mão-de-Obra	67,95
	Outros	106,56
Substituição	Mão-de-Obra	800,24
	Outros	248,68

O valor de n do presente projeto de investimento foi calculado tendo em conta os tempos de vida útil facultados pelo fabricante das lâmpadas selecionadas. Tal como a Tabela 27 demonstra, existe uma grande variedade de tempos de vida útil médios das lâmpadas concordante com a também grande variedade de lâmpadas propostas, tendo-se optando pela análise de viabilidade lote a lote. É importante referir que o tempo de vida útil médio das tipologias LED *Esférica* e LED *Standard* resultam dos referidos pelo fornecedor 15 e 10 anos com um funcionamento de 3 horas por dia e que o tempo de vida útil médio de 50 000 horas resulta da informação recolhida nos manuais já referidos para as tipologias em causa, sendo este valor contraditório com o que é referido no *site* oficial da PHILIPS Portugal.

Tabela 27 Custo e Tempo de Vida Útil Médio de Cada Tipologia de Lâmpadas Seleccionadas no Âmbito da Solução de Reabilitação Energética de Nível

Tipo	C u s t o	Tempo de Vida Útil Médio [horas]
LED CorePro LEDcapsule LV	10,99	15 000
LED Esférica	9,99	16 425
LED Standard	4,495	10 950
LED Standard	4,99	
LED MASTER LEDSpot PAR30	39,95	40 000
LED Standard	16,99	16 425
LED MASTER LEDtube VLE	31,99	50 000
LED Standard	22,99	16 425
LED MASTER LEDtube GA110	30,33	40 000
LED Standard	19,99	16 425
LED MASTER LEDtube VLE	42,21	40 000
LED CorePro LEDtube	33,32	30 000
LED MASTER LEDtube VLE	38,99	50 000
LED MASTER LEDtube VLE	48,79	
Sódio de Alta Pressão MASTER SON T APIA Plus Hg Free	23,58	38 000
Sódio de Alta Pressão MASTER SON T APIA Plus Hg Free	39,20	

Partindo-se do tempo médio aproximado de funcionamento anual dos sistemas de iluminação existentes que se considerou o mesmo após a aplicação da presente proposta de reabilitação energética, facilmente se conseguiu estimar o peso de cada uma das tipologias das lâmpadas seleccionadas no consumo total de energia elétrica devido à iluminação artificial. Assim, pelo produto da potência de iluminação com as

horas anuais médias de operação de cada lote estimou-se a distribuição expressa na Imagem 240. Esta distribuição permite perceber em que medida cada uma das tipologias de lâmpadas afeta nas R adquiridas e nos C incorridos, sendo que o I_0 e o n associados a cada lote são facilmente determinados tendo em conta as informações já referidas no início da presente subsecção. É importante referir ainda que os tempos de vida útil médios expressos na Tabela 27 foram afetados pelo funcionamento médio anual dos sistemas de iluminação das diferentes zonas do edifício em análise, tendo-se considerado para efeitos da duração dos projetos de investimento da presente solução de reabilitação energética os valores resultantes dessa afetação.

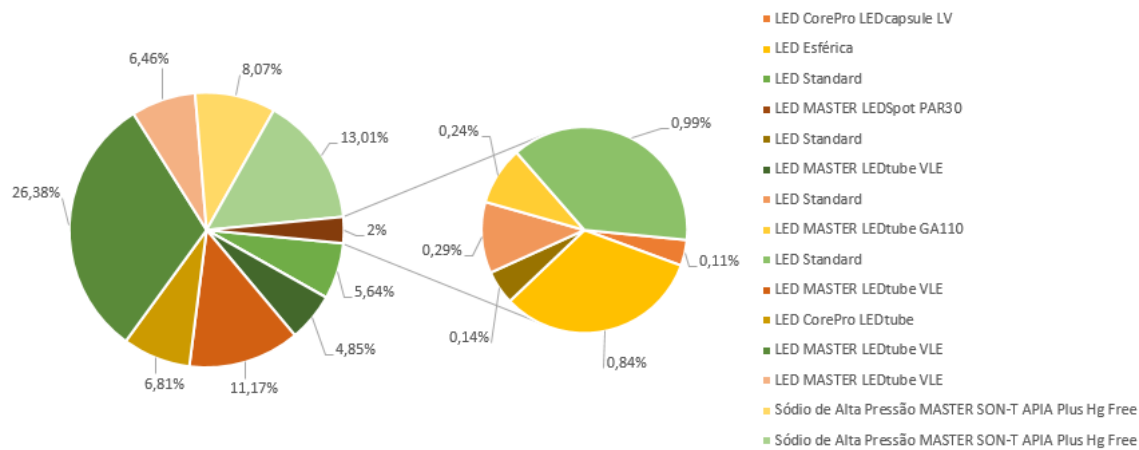


Imagem240 Distribuição do Peso de Cada uma das Tipologias de Lâmpadas Seleccionadas no Consumo Total de Energia Elétrica Devido à Iluminação Artificial

Na Tabela 28 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível 4 na ótica da tipologia LED CorePro LEDcapsule LV. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 1 ano e 8 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 1 ano.

Tabela28 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Iluminação Energética de Nível Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	12,37	12,74
C [€]	1,63	1,68
CF [€]	-1,10	-0,77
VAL [€]	-1,36	-1,30
TIR [%]	-9,26	-6,54
SPB [anos]	2	2
DPB [anos]	2	2
IR [-]	0,90	0,90
Modelo Simplificado		
P [€]	12,12	
C [€]	11,83	
PRS [anos]	1	

Na Tabela 29 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *Esférica*. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 7 anos e 9 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 7 anos.

Tabela29 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Iluminação Energética de Nível Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	710,33	765,45
C [€]	93,62	100,89
CF [€]	125,27	173,13
VAL [€]	67,40	55,27
TIR [%]	5,96	7,95
SPB [anos]	6	6
DPB [anos]	7	7
IR [-]	1,12	1,10
Modelo Simplificado		
P [€]	96,53	
C [€]	491,44	
PRS [anos]	5	

Na Tabela 30 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *Standard* de 470 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 7 anos e 7 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 7 anos.

Tabela30 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível Ótica da Tipologia-L) ' u o de 470 lm

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	4 744,64	5 112,80
C [€]	625,35	673,88
CF [€]	3 267,17	3 586,81
VAL [€]	2 880,64	2 799,59
TIR [%]	65,94	69,48
SPB [anos]	2	2
DPB [anos]	2	2
IR [-]	3,03	2,99
Modelo Simplificado		
P [€]	644,78	
C [€]	852,12	
PRS [anos]	1	

Na Tabela 31 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *MASTER LEDSpot PAR30*. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 18 anos e 7 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 18 anos.

Tabela31 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação de Reabilitação Energética de Nível Ótica da Tipologia-M) ' u o de 806 lm

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	318,60	374,50
C [€]	41,99	49,36
CF [€]	154,23	202,76
VAL [€]	96,74	82,08
TIR [%]	10,07	11,94
SPB [anos]	9	8
DPB [anos]	10	10
IR [-]	1,62	1,53
Modelo Simplificado		
P [€]	15,92	
C [€]	122,38	
PRS [anos]	8	

Na Tabela 32 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *Standard* de 806 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 5 anos e 10 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 5 anos.

Tabela32 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 0 - Iluminação

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	2 889,97	3 067,08
C [€]	380,90	404,25
CF [€]	1 011,08	1 164,85
VAL [€]	832,21	802,21
TIR [%]	19,92	22,38
SPB [anos]	4	3
DPB [anos]	4	4
IR [-]	1,45	1,43
Modelo Simplificado		
P [€]	555,39	
C [€]	1 497,99	
PRS [anos]	3	

Na Tabela 33 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *MASTER LEDtube VL* de 1 000 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 30 anos e 8 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 30 anos.

Tabela33 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 0 - Iluminação

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	1 185,94	1 541,59
C [€]	156,31	203,18
CF [€]	766,96	1 075,74
VAL [€]	442,65	364,94
TIR [%]	11,72	13,57
SPB [anos]	9	8
DPB [anos]	10	11
IR [-]	2,20	2,02
Modelo Simplificado		
P [€]	33,42	
C [€]	262,67	
PRS [anos]	8	

Na Tabela 34 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *Standard* de 1 055 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 7 anos e 7 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 7 anos.

Tabela34 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Iluminação Energética de Nível 4 Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	200,86	216,44
C [€]	26,47	28,53
CF [€]	79,05	92,58
VAL [€]	62,69	59,26
TIR [%]	17,64	19,90
SPB [anos]	4	4
DPB [anos]	5	5
IR [-]	1,53	1,50
Modelo Simplificado		
P [€]	27,30	
C [€]	95,33	
PRS [anos]	3	

Na Tabela 35 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *MASTER LEDtube GA110*. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 14 anos e 8 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 14 anos.

Tabela35 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Iluminação Energética de Nível 4 Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	1 731,12	1 970,38
C [€]	228,16	259,70
CF [€]	1 097,71	1305,43
VAL [€]	844,82	780,92
TIR [%]	24,48	26,75
SPB [anos]	4	4
DPB [anos]	5	5
IR [-]	2,42	2,33
Modelo Simplificado		
P [€]	113,53	
C [€]	405,25	
PRS [anos]	4	

Na Tabela 36 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *Standard* de 1 521 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 11 anos e 1 mês, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 11 anos.

Tabela36 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	15 077,97	16 759,78
C [€]	1 987,30	2 208,97
CF [€]	4 190,08	5 650,23
VAL [€]	2 394,13	1 955,88
TIR [%]	6,92	8,80
SPB [anos]	8	8
DPB [anos]	9	9
IR [-]	1,23	1,19
Modelo Simplificado		
P [€]	1 277,87	
C [€]	8 900,59	
PRS [anos]	7	

Na Tabela 37 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *MASTER LEDtube VL* de 1 600 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 16 anos e 10 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 16 anos.

Tabela37 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	13 714,39	15 861,83
C [€]	1 807,58	2 090,61
CF [€]	8 204,24	10 068,64
VAL [€]	5 962,13	5 390,90
TIR [%]	18,11	20,19
SPB [anos]	6	5
DPB [anos]	6	6
IR [-]	2,15	2,06
Modelo Simplificado		
P [€]	779,02	
C [€]	3 702,57	
PRS [anos]	5	

Na Tabela 38 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED *CorePro LEDtube*. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 12 anos e 9 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 12 anos.

Tabela38 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Iluminação Energética de Nível Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	39 044,66	43 742,22
C [€]	5 146,15	5 765,29
CF [€]	24 913,60	28 992,01
VAL [€]	19 907,35	18 666,31
TIR [%]	29,20	31,61
SPB [anos]	4	4
DPB [anos]	4	4
IR [-]	2,49	2,42
Modelo Simplificado		
P [€]	3 017,96	
C [€]	8 984,92	
PRS [anos]	3	

Na Tabela 39 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED MASTER LEDtube VL de 2 100 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 22 anos e 10 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 22 anos.

Tabela39 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Iluminação Energética de Nível Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	18 456,22	22 419,45
C [€]	2 432,56	2 954,92
CF [€]	13 195,50	16 636,37
VAL [€]	9 263,07	8 271,63
TIR [%]	23,89	26,10
SPB [anos]	5	5
DPB [anos]	5	5
IR [-]	2,99	2,83
Modelo Simplificado		
P [€]	739,33	
C [€]	2 828,16	
PRS [anos]	4	

Na Tabela 40 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia LED MASTER LEDtube VL de 3 100 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 21 anos e 9 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 21 anos.

Tabela 40 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Tecnologia de Nível Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	21 888,27	26 369,21
C [€]	2 884,91	3 475,50
CF [€]	14 734,91	18 625,25
VAL [€]	10 246,28	9 109,93
TIR [%]	19,61	21,69
SPB [anos]	6	5
DPB [anos]	6	6
IR [-]	2,58	2,45
Modelo Simplificado		
P [€]	923,31	
C [€]	4 268,45	
PRS [anos]	5	

Na Tabela 41 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia Sódio de Alta Pressão MASTER SON APIA Plus Hg F de 300 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 17 anos e 7 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 17 anos.

Tabela 41 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Tecnologia de Nível Ótica

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	27 992,17	32 637,63
C [€]	3 689,41	4 301,69
CF [€]	23 716,60	27 749,78
VAL [€]	18 901,38	17 673,10
TIR [%]	225,96	234,19
SPB [anos]	1	1
DPB [anos]	1	1
IR [-]	6,33	6,26
Modelo Simplificado		
P [€]	1 488,87	
C [€]	586,16	
PRS [dias]	142	

Na Tabela 42 encontram-se os principais parâmetros económicos na ótica da tipologia Sódio de Alta Pressão MASTER SON APIA Plus Hg F de 57 600 lm. Para a tipologia em causa o tempo de vida útil médio corresponde a, aproximadamente, 17 anos e 7 meses, no entanto para efeitos de cálculo da viabilidade económica considerou-se, arredondando por defeito, n igual a 17 anos.

Tabela 42 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 em Ótica Global

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	32 268,75	37 623,93
C [€]	4 253,07	4 958,89
CF [€]	27 935,59	32 584,95
VAL [€]	22 384,71	20 968,77
TIR [%]	1 899,05	1 957,34
SPB [anos]	1	1
DPB [anos]	1	1
IR [-]	7,41	7,40
Modelo Simplificado		
P [€]	1716,34	
C [€]	80,09	
PRS [dias]	17	

Numa ótica global sem se diferenciar o peso de cada tipologia de lâmpadas e sem se determinar o n mediante o tempo de vida útil médio das lâmpadas, só é aplicável o modelo simplificado. Na Tabela 43 pode-se analisar os principais parâmetros económicos no âmbito deste modelo resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível 4. Apesar da inaplicabilidade do modelo dinâmico, foi possível determinar-se que o SPB e o DPB, associados a uma ótica global da presente solução de reabilitação energética, tomam o valor de 4 anos tanto no Cenário 1 como no Cenário 2.

Tabela 43 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 4 em Ótica Global

Modelo Simplificado	
P [€]	11 441,70
C [€]	33 089,94
PRS [anos]	3

À exceção da tipologia LED *CorePro LEDcapsule*, todas as restantes tipologias cumprem todos os critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico nos dois cenários do modelo dinâmico e no modelo simplificado. Assim e verificando-se numa ótica global o cumprimento do critério de aceitação do indicador de desempenho energético, confirma-se a viabilidade técnica e económica da solução de reabilitação energética de nível 4 proposta sem a aplicação da tipologia LED *CorePro LEDcapsule*. LV Destacam-se as tipologias LED *Esférica* e LED *Standard* de 806 lm dada a proximidade dos seus SPB e DPB com a vida útil média dessas lâmpadas, que no caso da primeira tipologia estes critérios são mesmo coincidentes. Podem estas tipologias referidas requerer uma análise mais profunda no sentido da aplicação ou não das mesmas no âmbito da presente solução de reabilitação energética.

A inviabilidade económica associada à tipologia LED *CorePro LEDcapsule* pode ser justificada pelo tempo de vida útil médio reduzido desta tipologia (15 000 horas), pelo elevado I_0 a ela associado, tendo em

conta as características da lâmpada, (11,83 €) ou pelo quase irrelevante peso desta no consumo total de energia elétrica para efeitos de iluminação (0,11 %). Contudo, outra tipologia com inferior tempo de vida útil médio (10 950 horas) demonstrou ser economicamente viável e o I_0 da tipologia LED *CorePro LEDcapsule LV* não é de todo elevado. Efetivamente o seu peso no consumo total é muito reduzido, sendo o menor de todas as tipologias analisadas, porém um conjunto de outros fatores poderá também ter influenciado a sua inviabilidade económica. O tempo médio de funcionamento anual, que afeta a vida útil da lâmpada, é um desses fatores influenciadores. O tempo médio de funcionamento anual associado à zona onde se propõe substituir a lâmpada aí existente por uma nova da tipologia em causa é o mais elevado dos tempos de funcionamento associados às várias tipologias analisadas. A zona do edifício em causa corresponde a um dos três elevadores, onde os sistemas de iluminação se encontram em funcionamento 24 horas por dia, todos os dias do ano. Assim, levanta-se uma nova questão: Será o perfil de operação dos sistemas de iluminação nesta zona o mais correto e adequado às necessidades da mesma? Apesar de tudo o que foi referido há também que ter em conta o arredondamento do tempo de vida útil médio da lâmpada realizado no sentido da determinação do n do projeto de investimento associado à tipologia LED *CorePro LEDcapsule LV*. O valor aproximado de 1 ano e 8 meses foi arredondado por defeito para 1 ano, sendo este projeto de investimento inviável para períodos de retorno superiores a 1 ano. Porém, tendo em conta os valores dos indicadores de desempenho económico, próximos dos critérios de aceitação, percebe-se que o exato DPB corresponde a 1 ano e 2 meses para os dois cenários do modelo dinâmico. Assim, considerando n igual ao tempo de vida útil aproximado de 1 ano e 8 meses obtém-se os valores dos indicadores de desempenho económico ilustrados na Tabela 44.

Tabela 44 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível Ótimo

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	21,24	22,01
C [€]	2,80	2,90
CF [€]	6,60	7,27
VAL [€]	5,97	6,00
TIR [%]	37,92	41,52
SPB [anos]	2	2
DPB [anos]	2	2
IR [-]	1,41	1,41
Modelo Simplificado		
P [€]	12,12	
C [€]	11,83	
PRS [anos]	1	

4.8. Reabilitação Energética Nível 5

4.8.1. Caracterização da Solução Proposta

A solução de reabilitação energética de nível 5 consiste em substituir parte da envolvente envidraçada exterior do edifício Central e da Reitoria. De todos os elementos da envolvente envidraçada exterior existentes no edifício em análise, optou-se por substituir os vãos envidraçados dos 4 pisos da esquina com gabinetes (não incluída a envolvente envidraçada exterior do Átrio Monumental), os vãos envidraçados dos 4 pisos da fachada a SE do longo bloco com gabinetes, bem como os vãos envidraçados do piso 3 em torno da cobertura verde e os vãos envidraçados da fachada a NE do bloco do auditório. Optou-se só por estes elementos uma vez que a sua localização no edifício reúne um conjunto condições favoráveis à possível substituição destes elementos. No caso da envolvente envidraçada do Átrio Monumental, por exemplo, a sua substituição seria muito mais complexa e necessitaria de recursos (uma plataforma elevatória ou andaimes, por exemplo), que a substituição dos envidraçados referidos não aparenta necessitar. Além disto, a maioria dos elementos da envolvente envidraçada exterior a substituir correspondem a elementos com alguma relevância para o desempenho energético do edifício em estudo, quer pela exposição solar diária (esquina com gabinetes) quer pela elevada área envidraçada apresentada (fachada a SE do longo bloco com gabinetes e envolvente envidraçada exterior em torno da cobertura verde).

Posto isto, a substituição que a presente solução de reabilitação energética propõe passa por alterar tanto o vidro como a caixilharia dos vãos envidraçados mencionados por soluções com melhores desempenhos energéticos. Neste sentido, a seleção de uma alternativa mais eficiente para o vidro existente passou por pesquisar as soluções apresentadas no *site* oficial da Saint-Gobain Glass Portugal (<http://pt.saint-gobain-glass.com/>). Para o efeito, foi utilizado o simulador de eficiência energética *on-line* SGG CLIMALITdata (<http://www.sggclimalitdata.com/>), que funciona como uma base de dados calculados pelo *software* Calumen. Do recurso a este simulador resultou a solução SGG CLIMALIT PLUS XN BIOCLEAR, que se caracteriza por ser composta por vidro duplo de 4 mm de espessura cada um com câmara de ar tratado de 12 mm de espessura. Com esta solução consegue-se obter um U_w (coeficiente de transmissão térmica de elementos envidraçados) e um g (fator solar) de, respetivamente, $1,6 \text{ W} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$ e 0,63, que quando comparados com os valores da solução existente, $3,09 \text{ W} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$ e 0,7, se percebem ser muito mais satisfatórios do ponto de vista da reabilitação energética (Imagem 241). No Anexo 18 pode ser analisado o ficheiro gerado pelo simulador *on-line*, no qual podem ser consultadas outras características desta solução. Também foi introduzido o valor da transmissão luminosa do vidro proposto (*light transmissio*n) de 80 % alternativamente aos 78,1 % da solução presente no edifício em estudo.

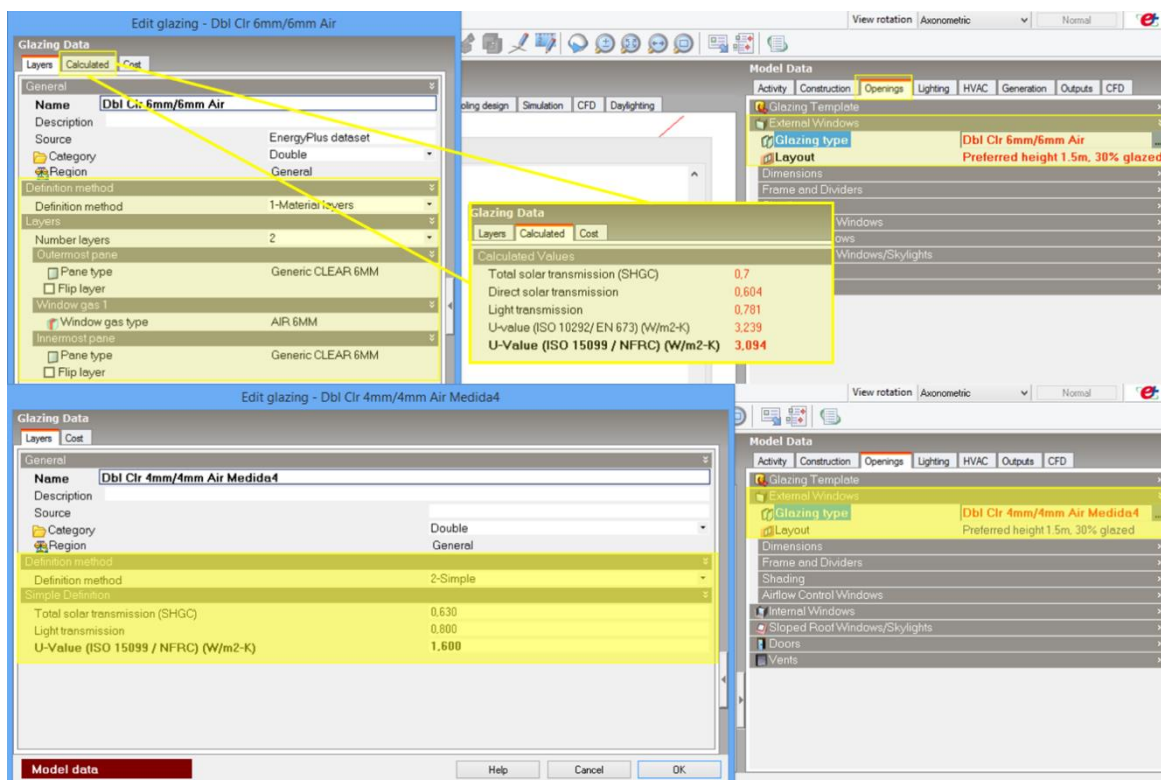


Imagem241 Envidraçado Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5 (envidraçado em cima e envidraçado em baixo, respetivamente)

Tal como a Imagem 241 demonstra, na aplicação desta medida foi necessário alterar o método de caracterização dos vidros exteriores do *software* DesignBuilder de “1-Material layers” para “2-Simple”, de forma a ser possível introduzir os valores exatos de U_w e g do vidro que a presente solução propõe.

Ao nível da caixilharia dos vãos envidraçados, propõe-se a substituição da caixilharia existente, em alumínio sem corte térmico, por novos caixilhos em PVC (*Polyvinyl Chloride*, em português, cloreto de polivinilo). Para este tipo de caixilharia consideraram-se as características técnicas que o próprio *software* de SD, DesignBuilder, atribui por defeito. Estas características encontram-se ilustradas na Imagem 242.

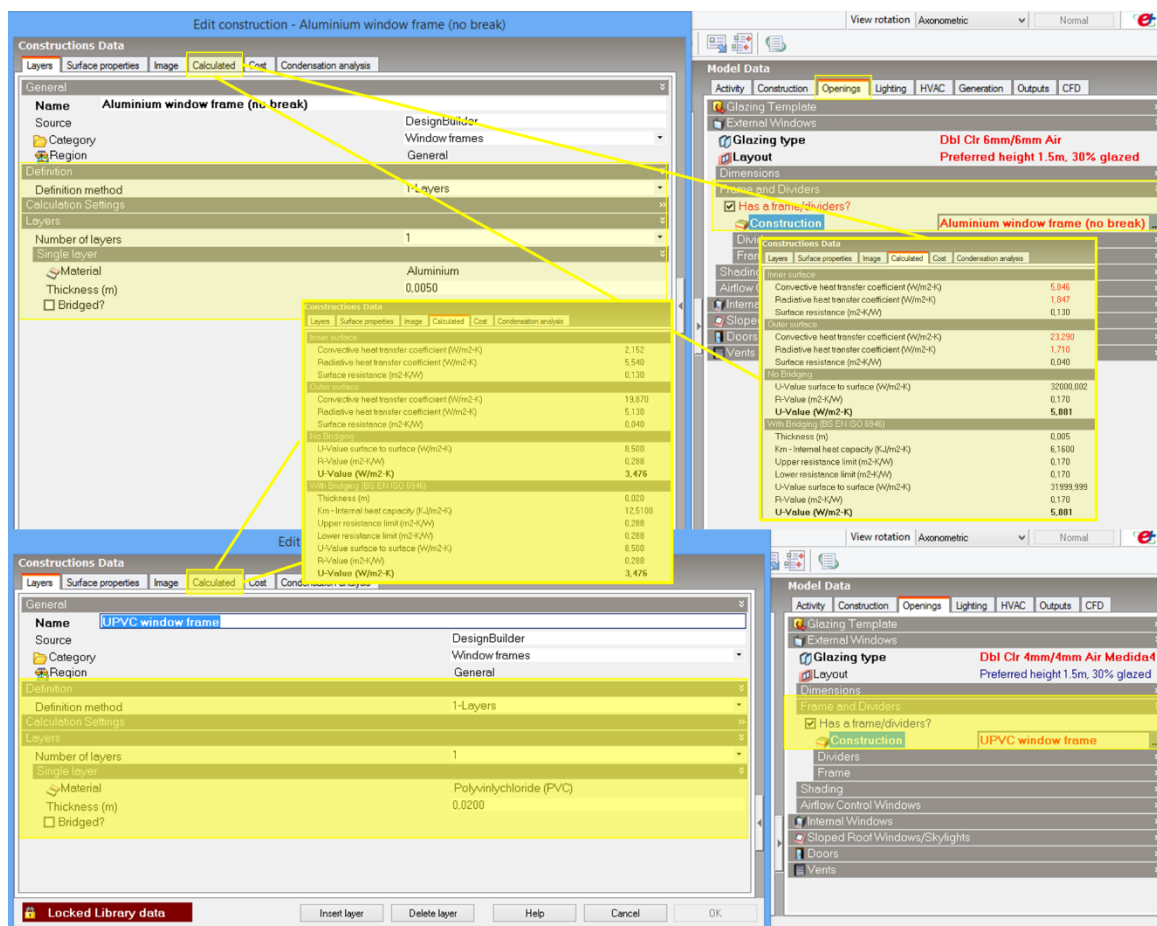


Imagem242 Caixilharia Antes e Após a Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5 (caixilharia em cima e caixilharia em baixo, respetivamente)

Antes de concluir a caracterização da presente opção de reabilitação energética, é importante referir que a solução proposta de envidraçado foi sujeita à verificação do cumprimento do requisito de qualidade térmica da envolvente dos vãos envidraçados, que faz parte de um conjunto de requisitos de cumprimento obrigatório pelos edifícios novos (data de entrada do projeto de arquitetura, posterior à data de entrada em vigor do SCE em vigor) ou, quando aplicável, pelos edifícios sujeitos a grande intervenção que pretendam instalar elementos da envolvente envidraçada exterior. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

O requisito de qualidade térmica da envolvente aplicável aos vãos envidraçados consiste no cumprimento da condição expressa na equação (30) ou, “quando a área dos vãos envidraçados verticais por orientação (...) seja superior a 30% da área da fachada onde estes se inserem”, da condição expressa na equação (31). (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013) Este requisito só abrange os vãos envidraçados horizontais e verticais não orientados no quadrante N (N, NE e NO), portanto, do conjunto de elementos da envolvente envidraçada exterior em estudo, só os vãos da fachada SO dos 4 pisos da esquina com gabinetes, dos 4 pisos da fachada a SE do longo bloco com gabinetes e do piso 3 em torno da cobertura verde se vêm sujeitos ao cumprimento deste requisito. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

(30)

(31)

Nestas expressões, g_T corresponde ao fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados, F_o ao fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado (palas, varandas, etc.), F_f ao fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado (palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício, etc.), $g_{Tmáx}$ ao fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados, determinado segundo a zona climática de verão conforme demonstra a Imagem 243, A_{env} à soma das áreas dos vãos envidraçados em estudo, por orientação, e A_{eve} à área da envolvente vertical exterior do edifício ou fração em estudo, por orientação. (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013)

$g_{Tmáx}$ por zona climática		
V1	V2	V3
0,56	0,56	0,50

Imagem243 Fator Solar Global Máximo

O valor de g_T para vidro duplo calcula-se através da seguinte equação, na qual g_{Tvc} correspondem, respetivamente, aos fatores solares do vidro para uma incidência solar normal ao vão, fornecido pelo fabricante, e do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar, permanente ou móvel, totalmente ativado para uma incidência solar normal à superfície do vidro. (Emprego, 2013j)

(32)

Perante a solução apresentada, g_T corresponde ao g já mencionado igual a 0,63 e g_{Tvc} ao valor de 0,47 característico de dispositivos de proteção interiores do tipo “Estores de lâminas” de cor clara para vidros duplos, conforme a Tabela 13 do despacho número 15793-K estabelece. (Emprego, 2013j) O valor de g_{Tvc} é aplicável a todos os envidraçados em estudo, uma vez que a solução de vidro em análise será a mesma para todos eles. Contudo, o valor de g_{Tvc} só é aplicável nos vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar interiores, ou seja, naqueles que se localizam nos pisos 1, 2 e 3 da fachada a SE do longo bloco com gabinetes, no piso 3 em torno da cobertura verde e no piso 3 da fachada SO da esquina com gabinetes. Para os vãos sujeitos a este requisito com dispositivos de proteção exteriores não se aplica qualquer valor de g_{Tvc} , dada a cor da proteção e o tipo de proteção em causa “Estore veneziano de lâminas metálicas”. (Emprego, 2013j) Assim, para os vãos envidraçados com dispositivos de proteção exteriores considerou-se g_T igual a 0,63. É importante referir que a determinação da cor do dispositivo de proteção recai sobre a Imagem 16, relativa ao coeficiente de absorção da radiação solar da superfície exterior da envolvente opaca (α ou α_e) em função da cor da superfície exterior dos elementos da envolvente opaca. (Emprego, 2013j)

Relativamente aos fatores de sombreamento F_o e F_f , o cálculo dos mesmos só apresenta relevância para os vãos envidraçados do piso 3 da fachada SO da esquina com gabinetes e dos pisos 1, 2 e 3 da fachada a SE do longo bloco com gabinetes dado serem os únicos que apresentam dispositivos de sombreamento horizontais sobrejacentes e/ou verticais adjacentes aos envidraçados. Primeiro calculou-se o ângulo da obstrução associado aos dispositivos em causa, por recurso a uma função trigonométrica inversa, e, depois

de determinada a orientação dos elementos envidraçados sujeitos à ação de dispositivos de sombreamento e, sempre que necessário, a posição das obstruções em causa, determinou-se os valores de F_o e F_r mediante a informação presente nas Tabelas 16 a 19 do despacho número 15793-K. Conforme as imagens que se seguem demonstram o cálculo dos ângulos de obstrução por recurso a uma função trigonométrica inversa foi bastante simples, tendo-se optado pelo arco tangente (tg^{-1}) para o efeito. Os ângulos de obstrução associados aos elementos de sombreamento horizontais sobrejacentes à envolvente envidraçada exterior do piso 3 da fachada SO da esquina com gabinetes, do piso 3 da fachada a SE do longo bloco com gabinetes e dos pisos 1 e 2 da fachada a SE do longo bloco com gabinetes correspondem, respetivamente, a 14,67 °, 37,20 ° e 41,14 °. Os ângulos de obstrução associados aos elementos de sombreamento verticais adjacentes à envolvente envidraçada exterior do piso 3 da fachada SO da esquina com gabinetes, dos pisos 1 e 3 da fachada a SE do longo bloco com gabinetes e do piso 2 da fachada a SE do longo bloco com gabinetes correspondem, respetivamente, a 0 ° (ausência de dispositivos de sombreamento), 43,21 ° e 40,73 °. À semelhança do ângulo de obstrução associado a F_r do piso 3 da fachada SO da esquina com gabinetes, também para os restantes elementos da envolvente envidraçada exterior no âmbito do requisito de qualidade térmica em análise os ângulos de obstrução associados a F_o e F_r tomam o valor de 0 °.

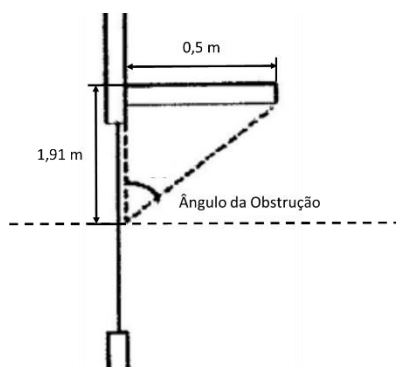


Imagem244 Ângulo de Obstrução dos Elementos Horizontais Sobrejacentes aos Envidraçados do Piso 3 da Esquina com Gabinetes

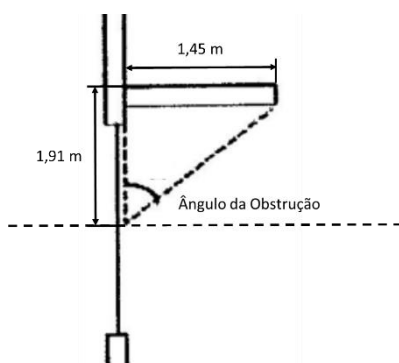


Imagem245 Ângulo de Obstrução dos Elementos Horizontais Sobrejacentes aos Envidraçados do Piso Longo Bloco com Gabinetes

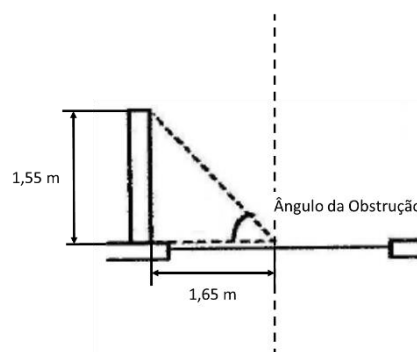


Imagem246 Ângulo de Obstrução dos Elementos Verticais Adjacentes aos Envidraçados dos Pisos Longo Bloco com Gabinetes

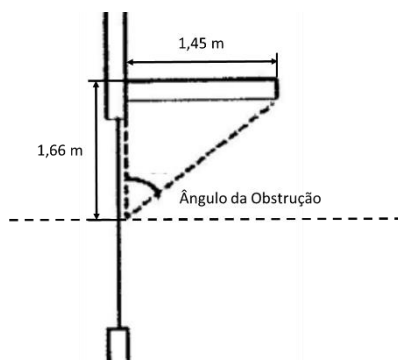


Imagem247 Ângulo de Obstrução dos Elementos Horizontais Sobrejacentes aos Envidraçados do Piso 2 do Longo Bloco com Gabinetes

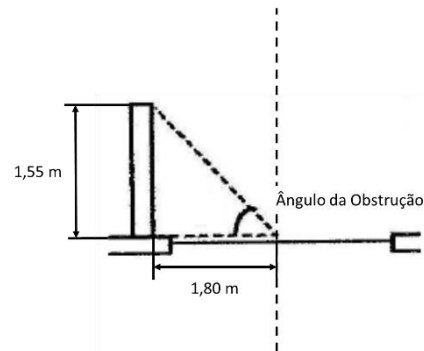


Imagem248 Ângulo de Obstrução do Elemento Vertical Adjacente ao Envidraçado do Piso 2 do Longo Bloco com Gabinetes

A Tabela 45 faz um apanhado dos valores dos fatores de sombreamento, dos fatores solares, bem como dos valores resultantes da aplicação das equações (30) e (31) para cada um dos elementos da envolvente envidraçada exterior abrangidos pelo âmbito de aplicação do requisito de qualidade térmica em análise.

Tabela45 Verificação do Requisito de Qualidade Térmica

Localização dos Elementos	Inverno	Verão	Inverno	Verão	[-]	g_{Tvc} [-]	g_T [-]	Inverno	Verão
	F_o [-]		F_f [-]					$g_T \cdot F_o \cdot F_f$ [-]	
Pisos 0 a 2 Fachada SO	1		1		0,63	-	0,63		
Piso 3 Fachada SO	0,88	0,84				0,47	0,39	0,35	0,33
Piso 0 Fachada SE	1					-	0,63		
Piso 1 Fachada SE	0,66	0,60	0,95	0,86		0,47	0,39	0,25	0,20
Piso 2 Fachada SE			0,96	0,87					0,21
Piso 3 Fachada SE	0,70	0,63	0,95	0,86				0,26	
Piso 3 Cobertura Verde	1		1					0,39	

Tendo em conta os valores apresentados nas duas últimas colunas da Tabela 45 e relembrando que tanto no piso 3 da fachada SO da esquina com gabinetes como nos pisos 1, 2 e 3 da fachada SE do longo bloco com gabinetes e no piso 3 em torno da cobertura verde os envidraçados representam 100 % da área da fachada onde estes se inserem, pode-se concluir que nenhum dos elementos da envolvente envidraçada exterior cumpre o requisito de qualidade térmica; $g_{Tmáx}$ igual a 0,56 para e $g_{Tmáx} \cdot (0,30 \cdot [(A_{env} \cdot A_{eve}^{-1})^{-1}])$ igual a 0,17. Apesar deste resultado, destaca-se o pioneirismo da presente análise como também a elevada exigência

do requisito de qualidade térmica dos vãos envidraçados, principalmente para os vãos que ocupam 100 % da fachada onde se encontram instalados.

4.8.2. Indicadores de Desempenho Energético e Económico

Relativamente ao desempenho energético da solução de reabilitação energética de nível 5 proposta, o edifício Central e da Reitoria caracteriza-se por apresentar um consumo anual de gás natural de 49 258,31 kWh e um consumo anual de energia elétrica de 359 021,89 kWh. Quando comparados estes consumos com os consumos anuais representativos da situação antes da aplicação da solução, percebe-se que, tal como esperado, ocorre a redução tanto do consumo de gás natural como do consumo de energia elétrica. As alterações que a presente solução propõe atuam sobre a diminuição dos ganhos e perdas através da envolvente envidraçada exterior. Ganhos e perdas estas que se refletem negativamente nos consumos de energia, nomeadamente no aumento do consumo de energia pelos sistemas de climatização. Assim, é esperada uma menor utilização dos sistemas de climatização e, logo, uma diminuição do consumo anual de ambos os vetores energéticos. Além da diminuição dos consumos anuais dos vetores energéticos associados à operação dos sistemas de climatização, também se verificou uma ligeira, quase irrelevante, diminuição do consumo anual de energia elétrica pelos sistemas de iluminação (228,00 Wh). Esta ligeira diminuição, resultante do aumento da transmissão de luz associado à substituição da solução de envidraçado em análise, em conjunto com a diminuição do consumo de energia elétrica associado à climatização do edifício, principalmente ao arrefecimento, contribui para a redução total no consumo de energia elétrica e globalmente para o aumento das poupanças associadas à aplicação da presente solução de reabilitação energética. O consumo anual de gás natural diminui 14 789,10 kWh, o que corresponde a uma redução de, aproximadamente, 23 % relativamente à situação “real”. O consumo anual de energia elétrica reduz 418,16 kWh, o que corresponde a uma diminuição de cerca de 0,12 % relativamente à situação anterior à aplicação da solução de reabilitação. A presente solução de reabilitação energética tem um impacto mais relevante no consumo energético associado ao aquecimento ambiente do que no consumo associado ao arrefecimento. Este fator aliado ao facto de o aquecimento ambiente do edifício em análise ocorrer principalmente por recurso ao consumo de gás natural, resulta numa redução do consumo deste vetor energético mais significativa em comparação com a redução no consumo de energia elétrica. É também importante referir que a redução no consumo de energia elétrica ocorre essencialmente devido à diminuição da utilização dos sistemas de climatização que promovem o arrefecimento ambiente no edifício em estudo (aproximadamente, 90 % dos 418,16 kWh reduzidos). Este comportamento dos sistemas de arrefecimento ambiente não era esperado, antes pelo contrário esperava-se o aumento deste consumo derivado do aumento das necessidades de arrefecimento deste edifício. No entanto, comprova-se que estas necessidades não aumentam pelo contrário diminuem, permitindo concluir que a substituição proposta pela presente solução de reabilitação energética atua favoravelmente tanto na diminuição das perdas térmicas, na estação de aquecimento, como na diminuição dos ganhos térmicos, na estação de arrefecimento, através da envolvente envidraçada exterior. Este desempenho energético do edifício em análise traduz-se num IEE_{pr} de 119,63 kWh_{EP}·(m²·ano)⁻¹, inferior aos IEE_{pr} e IEE_{ef} relativos à situação real e inicial do edifício.

Quanto ao desempenho económico da presente solução proposta, o I_0 toma o valor de 302 432,31 € a serem recuperados expectavelmente nos anos de duração do presente projeto de investimento. Este valor monetário divide-se em custo de aquisição dos produtos (em € por unidade de comprimento e € por unidade de área), em custos de mão-de-obra (em € por hora) e outros custos associados à entrega e montagem dos produtos adquiridos (em € por unidade), como custos de cartuchos de pasta de silicone, meios auxiliares, custos indiretos, entre outros. Todos estes custos foram consultados no Gerador de Preços *on-line* da CYPE

Ingenieros (<http://www.geradordeprecos.info/>), alterando as características da obra e recorrendo aos preços compostos de reabilitação energética, nomeadamente substituição da caixilharia exterior. No Anexo 19 podem ser analisados os ficheiros exportados diretamente do Gerador de Preços e na Tabela 46 os valores aplicados no presente projeto de investimento.

Tabela46- Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Níveis

5

Tipologia de Custo de Investimento Inicial	Montante [€]
Aquisição	226 379,26
Mão-de-Obra	61 621,07
Outros	14 431,97

Desta desagregação de custos, nenhuma das tipologias apresenta valores transversais a todos os vãos envidraçados a instalar, ou seja, para cada dimensão e tipo de sistema a instalar (fixo, de correr, batente, etc.) existem diferentes custos de aquisição, mão-de-obra e outros. Isto acontece porque os custos associados a estas tipologias são afetos às dimensões e ao tipo de sistema dos novos vãos, principalmente os custos de aquisição e mão-de-obra. Na Tabela 47 podem-se analisar estes custos por vão envidraçado para cada conjunto de elementos a instalar.

Tabela47 Discriminação do Valor Total do Investimento por Cada Conjunto de Elementos a Instalar

Localização dos Elementos	Sistema	Quantidade [envidraçados]	Aquisição [€ · envid.]	Mão-de-Obra [€ · envid.]	Outros [€ · envid.]
Fachada NE Bloco Auditório	Fixo	7	382,05	285,11	23,89
Pisos 0 a 2 Esquina Gabinetes	Basculante	54	397,28	224,98	45,41
Piso 3 Esquina Gabinetes Fachada NO	Correr	12	1 553,58	368,27	91,93
Piso 3 Esquina Gabinetes Fachada SO		10	1 511,18		91,91
Piso 0 Longo Bloco Gabinetes		12	824,81	304,36	72,47
Pisos 1 e 2 Longo Bloco Gabinetes		54	1 484,88	368,27	91,89
Piso 3 Longo Bloco Gabinetes		27	1 583,27		91,95
Piso 3 Cobertura Verde		16	2 229,25		92,25
		192			

Na Imagem 249 pode-se analisar qual o peso de cada conjunto de vãos envidraçados no I_0 e facilmente perceber que o número de envidraçados a substituir e as dimensões dos envidraçados são os fatores que mais influenciam o I_0 , sendo este tanto mais elevado quanto maior for o número de vãos e/ou as suas dimensões. Os elementos da envolvente envidraçada exterior dos pisos 1 e 2 da fachada SE do longo bloco com gabinetes são os que apresentam um maior peso no aumento de I_0 .

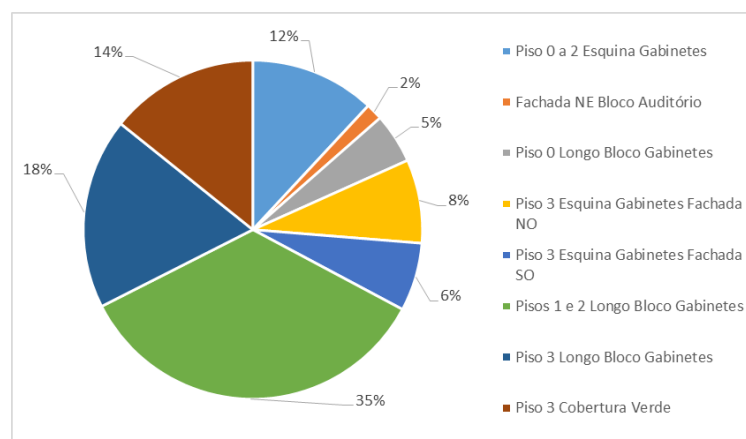


Imagem249 Peso de Cada Conjunto de Vãos Envidraçados no Investimento Inicial

Dos valores presentes nos ficheiros exportados diretamente do Gerador de Preços (Anexo 19) consideraram-se custos de aquisição os custos com os pré-aros, com os perfis para formação dos aros, das folhas das caixilharias e dos elementos nos quais se instala o isolamento térmico (corte ou rutura térmica) de cada vão envidraçado, bem como os custos com os vidros. Os restantes valores consideraram-se custos de mão-de-obra e outros custos. É importante referir que os ficheiros obtidos do Gerador de Preços caracterizam a “substituição de caixilharia exterior envidraçada, por caixilharia de alumínio com rutura de ponte térmica e envidraçado”. Isto é, não caracterizam a substituição da caixilharia existente por uma nova em PVC. Ao contrário do envidraçado que foi possível caracterizar de forma muito fiel à solução que é proposta, o Gerador de Preços não permite escolher PVC como o material da nova caixilharia; nem PVC nem qualquer outro material, tem forçosamente de ser alumínio com isolamento térmico. Mesmo assim optou-se por aplicar estes valores, dado ser a melhor alternativa existente.

O valor de n do presente projeto de investimento foi calculado tendo em conta o tempo de amortização total de I_0 , o qual, para uma desvalorização a quotas constantes e a uma taxa de amortização de 2 %, resulta num período de 50 anos. (Pública, 2009) A taxa de amortização referida é a taxa genérica expressa no grupo 1 (imóveis) da tabela II anexa ao decreto regulamentar número 25/2009 para edifícios comerciais e administrativos. (Pública, 2009) Optou-se por esta taxa, uma vez que a envolvente envidraçada exterior pode acompanhar a vida do próprio edifício e, assim, desvalorizar ao mesmo ritmo da desvalorização do edificado. Tendo em conta duas vezes o período de amortização total de I_0 , considerou-se n igual a 100 anos.

Na Tabela 48 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível 5.

Tabela48 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	260 393,95	680 446,33
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	-42 038,36	-40 951,06
VAL [€]	-223 919,20	-245 160,89
TIR [%]	-0,25	1,26
SPB [anos]	Não Determinado	Não Determinado
DPB [anos]	Não Determinado	Não Determinado
IR [-]	0,26	0,19
Modelo Simplificado		
P [€]	1 497,31	
C [€]	302 432,31	
PRS [anos]	201,98	

Uma vez que nenhum dos critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico são cumpridos nos dois cenários do modelo dinâmico e no modelo simplificado, verifica-se a inviabilidade económica da solução de reabilitação energética de nível 5 proposta. Contudo, a presente solução demonstra-se viável tecnicamente, sendo cumprido o critério de aceitação do indicador de desempenho energético.

Mediante a inviabilidade económica da solução proposta, optou-se por só analisar a substituição dos elementos da envolvente envidraçada exterior não orientados no quadrante N e que apresentem todas as condições favoráveis à exposição solar. Assim, excluindo-se da análise os elementos da fachada NE do bloco do auditório, da fachada NO da esquina com gabinetes (pisos 0 a 3), da fachada NO em torno da cobertura verde e dos pisos 0 e 1 da fachada SE do longo bloco com gabinetes (Tabela 49).

Tabela49 Elementos da Envolvente Envidraçada Exterior a Substituir na Solução Alternativa de Reabilitação Energética de Nível 5

Localização dos Elementos	Quantidade [envidraçados]
Pisos 0 a 2 Esquina Gabinetes Fachada SO	24
Piso 3 Esquina Gabinetes Fachada SO	10
Piso 2 Longo Bloco Gabinetes	27
Piso 3 Longo Bloco Gabinetes	27
Piso 3 Cobertura Verde	12
	100

Com esta exclusão a diminuição nos consumos de energia não é tão significativa como na análise inicial, no entanto a diminuição no consumo de energia elétrica sofre só uma pequena variação; redução de 8 440,86 kWh no consumo de gás natural e 408,87 kWh no consumo de energia elétrica. Este desempenho energético do edifício em análise traduz-se num IEE_{pr} de 120,44 $kWh_{EP} \cdot (m^2 \cdot ano)^{-1}$, também inferior aos IEE_{pr} e IEE_{ef} relativos à situação real e inicial do edifício, e num I_0 de 175 704,92 €. Nesta ótica de reabilitação energética o IEE_{pr} é praticamente igual ao IEE_{ef} .

Tal como a Tabela 50 demonstra, também esta adaptação da solução inicial não se apresenta viável economicamente, não sendo cumpridos todos os critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico.

Tabela 50 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível 5

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	153 870,58	402 085,65
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	79 511,82	80 154,32
VAL [€]	-129 310,38	-141 862,41
TIR [%]	-0,22	1,28
SPB [anos]	79	79
DPB [anos]	Não Determinado	Não Determinado
IR [-]	0,26	0,19
Modelo Simplificado		
P [€]	884,78	
C [€]	175 704,92	
PRS [anos]	198,59	

4.9. Reabilitação Energética Nível NZEB

4.9.1. Caracterização da Solução Proposta

A solução de reabilitação energética de nível NZEB (*Net Zero Energy Building*, em português, edifícios com necessidades líquidas nulas de energia) consiste em aplicar todas as anteriores soluções propostas em simultâneo. Esta aplicação conjunta surge no sentido de ir ao encontro da ambição da legislação relativamente ao conceito NZEB, ou seja, do aumento contínuo do número de edifícios considerados NZEB e da progressiva transformação NZEB do parque edificado nacional e europeu. Assim e apesar de a aplicabilidade da meta NZEB se centrar nos edifícios novos a construir após 2020 ou 2018 e futuramente talvez nos edifícios existentes sujeitos a renovações, estudou-se a hipótese de transformar o edifício Central e da Reitoria num edifício com necessidades quase nulas de energia. Portanto, o objetivo da presente solução baseia-se em analisar a veracidade do conceito NZEB e perceber o quão realista pode ser a sua aplicação em edifícios semelhantes ao que o presente trabalho trata, partindo da aplicação simultânea de um conjunto de soluções convencionais e, adicionalmente para uma solução NZEB⁺, integrando produção elétrica local através de um sistema fotovoltaico a instalar na cobertura. O sistema fotovoltaico encontra-se

caracterizado de uma forma muito simplista, não tendo sido sujeito a análises de viabilidade, e a sua inclusão tem como intuito contabilizar a quota de energia renovável na energia primária consumida no edifício e, assim, comparar o desempenho energético do edifício com o conceito NZEB.

4.9.2. Indicadores de Desempenho Energético e Económico

Relativamente ao desempenho energético da solução de reabilitação energética de nível NZEB proposta, o edifício Central e da Reitoria caracteriza-se por apresentar um consumo anual de gás natural de 18 821,21 kWh e um consumo anual de energia elétrica de 281 832,27 kWh. Quando comparados estes consumos com os consumos anuais representativos da situação antes da aplicação da solução, percebe-se que, tal como esperado, ocorre uma redução bastante relevante tanto do consumo de gás natural como do consumo de energia elétrica. O consumo anual de gás natural diminui 45 226,20 kWh, o que corresponde a uma redução de, aproximadamente, 71 % relativamente à situação “real”. O consumo anual de energia elétrica reduz 77 607,78 kWh, o que corresponde a uma diminuição de cerca de 22 % relativamente à situação anterior à aplicação da solução de reabilitação. A redução no consumo de energia elétrica ocorre essencialmente devido à diminuição da utilização dos sistemas de iluminação promovida pelas soluções de reabilitação energética individuais de nível 1 e 4 (aproximadamente, 93 % dos 77 607,78 kWh reduzidos). Só 7 % da redução no consumo de energia elétrica se deve à diminuição da utilização dos sistemas de climatização do edifício em estudo, sendo que 6 % corresponde ao menor consumo energético associado à unidade que garante o arrefecimento ambiente e 1 % ao menor consumo associado à unidade que garante o aquecimento ambiente. Este desempenho energético do edifício em análise traduz-se num IEE_{pr} de 91,40 kWh_{EP}·(m²·ano)⁻¹, inferior aos IEE_{pr} e IEE_{ef} relativos à situação real e inicial do edifício.

Quanto ao desempenho económico da presente solução proposta, o I_0 toma o valor de 374 530,42 € a serem recuperados expectavelmente nos anos de duração do presente projeto de investimento. Este valor resulta da soma dos I_0 de todas as soluções propostas, tal como demonstra a Tabela 51.

Tabela 51 Discriminação do Valor Total do Investimento Inicial Associado à Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB

Solução de Reabilitação Energética	I_0 [€]
Nível 1	100,00
Nível 2	8 600,00
Nível 3	30 308,17
Nível 4	33 089,94
Nível 5	302 432,31
Nível NZEB	374 530,42

Dada a grande variedade de anos de duração dos projetos de investimento associados às soluções de reabilitação energética em estudo e perante a impossibilidade de se estabelecer uma duração para o presente projeto de investimento coerente para todas elas, optou-se por determinar o peso aproximado de cada solução nos benefícios resultantes da aplicação de todas as soluções em simultâneo. Nesse sentido, começou-se por analisar as variações percentuais dos consumos energéticos resultantes da aplicação de cada solução (Tabela 52).

Tabela 52 Variações Percentuais dos Consumos Energéticos Resultantes da Aplicação de cada uma das Soluções de Reabilitação Energética

Solução de Reabilitação Energética	Variações [%]	
	Consumo Gás Natural	Consumo Energia Elétrica
Nível 1	+ 5	- 6
Nível 2	- 38	- 0,21
Nível 3	- 53	0
Nível 4	+ 24	- 18
Nível 5	- 23	- 0,12
Nível NZEB	- 71	- 22

Tal como a Tabela 52 exemplifica, das 5 soluções propostas individualmente só duas delas resultam no aumento dos consumos energéticos, nomeadamente no aumento do consumo de gás natural. As restantes representam sempre reduções nos consumos dos dois vetores energéticos, sendo que nenhuma das soluções propostas se caracteriza por aumentar o consumo de energia elétrica. As percentagens totais de redução dos consumos energéticos correspondem a 85 % e 24 % para o gás natural e a energia elétrica, respetivamente. O passo seguinte consistiu em fazer corresponder às percentagens de variação dos consumos energéticos associadas à solução de nível NZEB o possível peso de cada uma das soluções individuais, tendo em conta a distribuição das mesmas nas percentagens totais de variação resultantes da aplicação individual de cada solução proposta (Tabela 53).

Tabela 53 Peso das Soluções de Reabilitação Energética Individuais nas Percentagens dos Consumos Energéticos Resultantes da Solução de Nível NZEB

Solução de Reabilitação Energética	Peso			
	Consumo Gás Natural [%]	Consumo Energia Elétrica [%]	Consumo Gás Natural [kWh]	Consumo Energia Elétrica [kWh]
Nível 1	+ 4	- 5	+ 2 660,36	- 19 138,79
Nível 2	- 32	- 0,19	- 20 218,77	- 669,86
Nível 3	- 44	- 0	- 28 199,87	0
Nível 4	+ 20	- 16	+ 12 769,75	- 57 416,36
Nível 5	- 19	- 0,11	- 12 237,68	- 382,78
	- 71	- 22	45 226,20	77 607,78

Determinado o possível peso de cada solução de reabilitação energética individual nas variações dos consumos energéticos proporcionadas pela aplicação da solução de nível NZEB, analisou-se a viabilidade económica do presente projeto de investimento tendo em conta o papel de cada solução individual na diminuição dos consumos (Tabela 53), bem como os valores de n e de I_0 a elas associados. Antes de se iniciar a análise de viabilidade económica do presente projeto de investimento, é importante esclarecer que a distribuição de “responsabilidade” das propostas de reabilitação individuais, quanto às variações ocorridas nos consumos energéticos após a aplicação da presente solução, pode não ser a mais correta. Isto porque se considera que cada uma das soluções individuais causa o mesmo impacto quando aplicada em conjunto ou em separado, o que pode não ser verdade. A redução dos consumos pode ser potenciada ao aplicar-se a

solução A em conjunto com a solução C, mas ser drasticamente prejudicada ao juntar-se a aplicação da solução B. Tendo em conta os resultados obtidos pela aplicação individual das soluções de reabilitação energética propostas, pode-se prever que as variações nos consumos de energia resultantes da aplicação das soluções de nível 1 e 4 se potenciarão mutuamente dada a similaridade entre a atuação das mesmas nos vetores energéticos e nos grupos consumidores destes vetores (iluminação e climatização), ou seja, o aumento do consumo de gás natural será mais elevado e o consumo de energia elétrica para o aquecimento ambiente também, contudo com a diminuição reforçada do consumo de energia elétrica pelos sistemas de iluminação e pela unidade que promove o arrefecimento ambiente poderá contrabalançar esse aumento. À semelhança do que foi referido para as soluções de nível 1 e 4, a aplicação conjunta das restantes soluções poderá potenciar a redução de ambos os vetores energéticos, mas principalmente do consumo de gás natural. Se adicionadas às duas primeiras, o aumento do consumo de gás natural promovido por essas duas soluções será aniquilado pelas já elevadas percentagens de redução, e agora ainda potenciadas, deste mesmo consumo resultantes das soluções de nível 2, 3 e 5. A diminuição do consumo de energia elétrica é promovida por todas as soluções, o que poderá significar uma diminuição ainda mais relevante com a aplicação simultânea de todas elas. No entanto, só analisando a junção de cada solução uma a uma se poderia confirmar o desempenho previsto.

Na Tabela 54 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível NZEB na ótica da solução de nível 1.

Tabela 54 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 1

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	28 697,13	31 162,63
C [€]	2 163,78	2 349,68
CF [€]	26 433,35	28 712,95
VAL [€]	23 650,32	23 031,45
TIR [%]	3 203,32	3 300,64
SPB [anos]	1	1
DPB [anos]	1	1
IR [-]	12,61	12,59
Modelo Simplificado		
P [€]	3 395,22	
C [€]	100,00	
PRS [dias]	11	

Na Tabela 55 e na Tabela 56 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível NZEB na ótica da solução de nível 2 com n igual a 8 e a 16 anos, respetivamente.

Tabela55 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Ótica da Solução de Nível 2 para Projeto de Investimento com Duração de 8 Anos

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	17 449,13	18 948,26
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	8 849,13	10 348,26
VAL [€]	7 018,92	6 611,93
TIR [%]	18,81	21,06
SPB [anos]	5	4
DPB [anos]	5	5
IR [-]	1,82	1,77
Modelo Simplificado		
P [€]	2 064,44	
C [€]	8 600,00	
PRS [anos]	4	

Tabela56 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Ótica da Solução de Nível 2 para Projeto de Investimento com Duração de 16 Anos

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	36 344,03	42 034,88
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	27 744,03	33 434,88
VAL [€]	20 900,26	19 156,65
TIR [%]	24,64	26,89
SPB [anos]	5	4
DPB [anos]	5	5
IR [-]	3,43	3,23
Modelo Simplificado		
P [€]	2 064,44	
C [€]	8 600,00	
PRS [anos]	4	

Na Tabela 57 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível NZEB na ótica da solução de nível 3.

Tabela57 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 3

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	88 938,49	113 640,03
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	62 461,73	87 163,27
VAL [€]	35 935,05	29 483,32
TIR [%]	10,64	12,47
SPB [anos]	10	9
DPB [anos]	11	11
IR [-]	2,36	2,11
Modelo Simplificado		
P [€]	2 713,62	
C [€]	26 476,76	
PRS [anos]	10	

Na Tabela 58 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível NZEB na ótica da solução de nível 4. Nesta tabela só se encontram os resultados no âmbito do modelo de viabilidade económica simplificado, dado a mesma representar a aplicação global da solução de nível 4, ou seja, a análise conjunta do impacto económico da substituição de todas as lâmpadas proposta.

Tabela58 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 4

Modelo Simplificado	
P [€]	10 185,66
C [€]	33 089,94
PRS [anos]	3

Na Tabela 59 e na Tabela 60 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível NZEB na ótica da solução de nível 4 para os lotes de lâmpadas das tipologias LED CorePro LEDcapsule e Sódio de Alta Pressão MASTER SONAPIA Plus Hg de 57 600 lm, respetivamente. À semelhança da análise da solução de nível 4 aplicada individualmente, também a presente análise na ótica da solução de nível 4 passou por estudar a viabilidade económica lote a lote, ou seja, tendo em conta o peso de cada tipologia (Imagem 240) nas R adquiridas e nos C incorridos concordantes, neste projeto de investimento, com as variações nos consumos correspondentes à solução de nível 4 representadas na Tabela 53. Das 15 tipologias de lâmpadas propostas só duas delas são analisadas nas próximas tabelas, contudo no Anexo 20 consta a análise das restantes tipologias. Optou-se por esta organização dado não terem ocorridos alterações de maior relevância. De uma forma geral, os valores monetários das R e dos C diminuem, por concordância os valores do VAL também diminuem, a TIR também e, consequentemente, os payback ou se mantêm inalterados ou aumentam. A tipologia LED CorePro LEDcapsule permanece como a pior escolha e

a tipologia Sódio de Alta Pressão MASTER SOM APIA Plus Hg Free 57 600 lm como a melhor. Este comportamento já era esperado, tendo em conta que a redução associada às variações nos consumos de energia correspondentes à solução de nível NZEB na ótica da solução de nível 4 é inferior à resultante da aplicação individual da solução de nível 4. Apesar de o aumento associado a essas variações também ser inferior comparativamente com a aplicação individual da solução, os CF também diminuem, ou seja, os benefícios associados à presente solução de reabilitação energética na ótica da solução de nível 4 diminuem mais do que os prejuízos com a aplicação conjunta das soluções de reabilitação energética.

Tabela59 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 4

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	11,01	11,34
C [€]	1,33	1,37
CF [€]	-2,15	-1,86
VAL [€]	-2,39	-2,34
TIR [%]	-18,18	-15,73
SPB [anos]	2	2
DPB [anos]	2	2
IR [-]	0,82	0,82
Modelo Simplificado		
P [€]	10,79	
C [€]	11,83	
PRS [anos]	1	

Tabela60 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 4

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	28 726,38	33 493,69
C [€]	3 465,58	4 040,71
CF [€]	25 180,72	29 372,89
VAL [€]	20 175,68	18 898,97
TIR [%]	1 712,41	1 765,12
SPB [anos]	1	1
DPB [anos]	1	1
IR [-]	8,06	8,04
Modelo Simplificado		
P [€]	1 527,93	
C [€]	80,09	
PRS [dias]	18	

Na Tabela 61 encontram-se os principais parâmetros económicos resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível NZEB na ótica da solução de nível 5.

Tabela61 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB na Ótica da Solução de Nível 5

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	216 604,51	566 018,32
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	-44 166,59	-43 262,14
VAL [€]	-237 122,44	-254 792,00
TIR [%]	-0,55	0,95
SPB [anos]	Não Determinado	Não Determinado
DPB [anos]	Não Determinado	Não Determinado
IR [-]	0,22	0,16
Modelo Simplificado		
P [€]	1 245,51	
C [€]	302 432,31	
PRS [anos]	243	

Numa ótica global sem se diferenciar o peso de cada solução de reabilitação energética proposta individualmente e sem se determinar um n coerente com cada uma destas soluções, só é aplicável o modelo simplificado. Na Tabela 62 pode-se analisar os principais parâmetros económicos no âmbito deste modelo resultantes do desempenho energético do edifício Central e da Reitoria após a aplicação da solução proposta de reabilitação energética de nível NZEB. Apesar da inaplicabilidade do modelo dinâmico, foi possível determinar-se que o SPB e o DPB, associados a uma ótica global da presente solução de reabilitação energética, tomam, respetivamente, os valores de 19 e 25 anos para o Cenário 1 e de 17 e 29 anos para o Cenário 2. Considerando-se a duração do projeto de investimento para cada cenário igual aos DPB referidos, conseguiu calcular-se todos os parâmetros económicos pertinentes para a análise da viabilidade económica segundo o modelo dinâmico. Os valores dos mesmos podem também ser consultados na Tabela 62.

Tabela 62 Parâmetros Económicos Resultantes da Aplicação da Solução de Reabilitação Energética numa Ótica Global

Modelo Simplificado		
P [€]	18 119,65	
C [€]	374 530,42	
PRS [anos]	21	
Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	522 043,12	796 816,39
C [€]	0,00	0,00
CF [€]	147 512,70	422 285,97
VAL [€]	5 335,23	8 365,82
TIR [%]	2,62	5,17
SPB [anos]	19	17
DPB [anos]	25	29
IR [-]	1,11	1,02

À exceção de uma das tipologias de lâmpadas (LED *CorePro LEDcapsule*) na ótica da solução de reabilitação energética de nível 4 e da proposta na ótica da solução de nível 5, todas as restantes soluções cumprem todos os critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico nos dois cenários do modelo dinâmico e no modelo simplificado. Assim e verificando-se numa ótica global o cumprimento do critério de aceitação do indicador de desempenho energético, confirma-se a viabilidade técnica e económica da solução de reabilitação energética de nível NZEB proposta sem a aplicação, no âmbito da solução de nível 4, do lote de lâmpadas de tipologia LED *CorePro LEDcapsule*. No âmbito da solução de nível 5, dos elementos da envolvente envidraçada exterior propostos. A inviabilidade económica associada à tipologia LED *CorePro LEDcapsule* pode ser tratada de forma idêntica ao tratamento realizado na análise da aplicação da solução de nível 4 individualmente e, assim, tornando-se possível considerar viável economicamente a utilização da tipologia em causa na substituição das lâmpadas do edifício em análise (o exato DPB corresponde a 1 ano e 4 meses, estando dentro da efetiva vida útil média de 1 ano e 8 meses desta tipologia).

4.9.3. Reabilitação Energética Nível NZEB⁺

De forma a complementar a análise da veracidade do conceito NZEB e a perceção do quão realista pode ser a sua aplicação num edifício existente de comércio e serviços, surge a solução NZEB⁺. Esta solução consiste em analisar (ainda que ao nível de estudo de pré-viabilidade) a aplicação de um sistema fotovoltaico na cobertura plana disponível do edifício Central e da Reitoria (cobertura da esquina com gabinetes e do longo bloco com gabinetes), com aproximadamente 1000 m². Para a determinação do aproveitamento energético anual associado a um sistema fotovoltaico recorreu-se ao *software* de análise de projetos de energia limpa RETScreen 4. No Anexo 21 pode verificar-se o aproveitamento de energia anual que se pode obter para 100 m² de painéis fotovoltaicos, tendo em conta a localização disponibilizada pelo *software* RETScreen 4 mais próxima da localização real do edifício, ou seja, Porto/Pedras Rubras. Se 100 m² de painéis fotovoltaicos podem produzir 888 kWh de energia elétrica, então linearmente 1 000 m² podem produzir 8,88 MWh ($E_{ren,i}$). Por aplicação da equação (4) presente no capítulo 1, este aproveitamento resume-se num IEE_{ren} de 2,81

$\text{kWh}_{\text{EP}} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$. Com a inclusão do sistema fotovoltaico caracterizado o IEE_{pr} é reduzido de 91,40 para 88,60 $\text{kWh}_{\text{EP}} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$, por aplicação da equação (1) presente no capítulo 1.

Da revisão bibliográfica realizada no capítulo 1 conclui-se que não existe uma concordância dentro da Europa quanto aos requisitos a impor à definição NZEB. Estes requisitos aplicam-se ao desempenho energético (IEE) e à quota de energia renovável (*renewable energy share* RES) produzida no local. (BPIE, 2015; Kurnitski *et al.*, 2014) Alguns países da Europa são mais ambiciosos, como a Dinamarca, e outros muito menos ambiciosos, como o Chipre, existindo uma enorme discrepância entre os requisitos exigidos pelos diferentes países. Na tabela que se segue pode-se analisar os requisitos impostos nos dois países da Europa referidos. (BPIE, 2015; Kurnitski *et al.*, 2014)

Tabela 6.3 Requisitos NZEB

Países	IEE [$\text{kWh}_{\text{EP}} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$]	RES [%]
Dinamarca	25	51 a 56
Chipre	210	25

Segundo o artigo “nZEB definitions in Europe” do REHVA¹⁶ Journal de março de 2014, a Dinamarca estabelece que um edifício não residencial é considerado NZEB quando o mesmo apresenta um IEE máximo de 25 $\text{kWh}_{\text{EP}} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$ e uma quota de energia renovável entre 51 % a 56 % da energia primária, enquanto o Chipre impõe um IEE máximo de 210 $\text{kWh}_{\text{EP}} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{ano})^{-1}$ e 25 % da energia primária (esta quota não é incluída no cálculo do IEE). (Kurnitski *et al.*, 2014) Segundo a publicação “nZEB definitions across Europe” do BPIE (Buildings Performance Institute) de 2015, no qual existe concordância com os dados presentes no artigo do REHVA Journal referido, a definição quantitativa (requisitos) de NZEB, para edifícios não residenciais, proposta por Portugal encontra-se em desenvolvimento, tal como a da Filândia, Alemanha, Grécia, entre outros países. (BPIE, 2015) Assim e uma vez que Portugal ainda não finalizou a definição NZEB nacional, a aplicabilidade ou não do conceito NZEB ao edifício Central e da Reitoria pode ser determinada comparando o desempenho energético do edifício, obtido com a presente solução de reabilitação energética, com as definições apresentadas. À luz da definição dinamarquesa, a aplicação em simultâneo de um conjunto de soluções convencionais e de um sistema fotovoltaico com uma RES de, aproximadamente, 3 % não é suficiente para que o edifício em análise se transforme num NZEB. No entanto, mediante os requisitos do Chipre a aplicabilidade do conceito NZEB ao edifício em estudo é verificada, aliás segundo estes requisitos o edifício mesmo sem a aplicação conjunta ou individual das soluções convencionais propostas pode ser considerado NZEB. Ainda segundo o artigo do REHVA Journal, as definições NZEB podem ser agrupadas em 5 zonas climáticas. O Chipre e Portugal pertencem à mesma zona climática, reforçando-se e favorecendo-se a comparação do desempenho do edifício em análise com a definição NZEB do Chipre, bem como o resultado desta comparação.

4.10. Análise Comparativa das Opções de Projeto Testadas

Na análise comparativa das opções de projeto testadas o critério de aceitação do indicador de desempenho energético e os critérios de aceitação dos indicadores de desempenho económico têm um papel fundamental. Uma vez que o não cumprimento de algum destes critérios pode ditar a inviabilidade técnica

¹⁶ REHVA - Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

e/ou económica de determinada solução ou, caso todos os critérios sejam cumpridos e numa ótica de comparação de soluções testadas, a determinação de que a solução A apresenta uma viabilidade técnica e económica mais vantajosa do que a solução B, mediante os resultados mais favoráveis destes critérios. Entenda-se por resultados mais favoráveis um IEE_{pr} com reduzido valor, um VAL com elevado valor monetário, uma TIR também elevada e um DPB curto, por exemplo. Um IEE_{pr} reduzido representa um desempenho energético com menores consumos de energia. Um VAL elevado confere ao projeto de investimento uma boa remuneração ou poupança monetária com a aplicação da solução associada ao projeto em causa. Um elevado valor de TIR significa que mesmo para uma atualização significativa dos CF (d elevada), o projeto de investimento apresenta viabilidade económica. Um DPB curto dita que o recebimento a auferir com o projeto de investimento ocorrerá no futuro próximo, logo menor é a incerteza e o risco associados ao valor a receber. Portanto, importa salientar que não será reconhecida qualquer viabilidade técnica e económica de soluções que não cumpram todos os critérios de aceitação estabelecidos (técnico e económicos). Na comparação de soluções viabilizadas técnica e economicamente *a priori*, será dada especial relevância ao valor do indicador de desempenho energético e ao valor de três dos cinco indicadores de desempenho económico, nomeadamente do VAL, da TIR e do DPB. Não obstante ao que fora referido, o valor do I_0 das soluções testadas funciona de certa forma como um indicador económico ou como um parâmetro económico que potencia logo desde o início da análise de viabilidade uma comparação entre soluções. Comparação esta com especial relevância para a tomada de decisão quanto à aplicação das soluções analisadas no presente capítulo. Nos dias de hoje pode-se considerar que I_0 é o parâmetro económico mais importante na tomada de decisão, por vezes até mais importante do que os próprios indicadores de desempenho económico.

Mediante o valor de I_0 a análise das soluções de reabilitação energética encontra-se hierarquizada da solução mais viável (solução de nível 1), ou com menores custos de investimento inicial a ela associados, para a menos viável ou maior I_0 (solução de nível NZEB). Quanto ao cumprimento dos critérios de aceitação, só uma das tipologias de lâmpadas propostas pela solução de nível 4 e os elementos da envolvente envidraçada exterior propostos pela solução de nível 5 não cumprem todos os critérios de aceitação estabelecidos na análise realizada, nomeadamente critérios de desempenho económico. Assim, a solução de nível 5 é totalmente inviabilizada e a solução de nível 4 parcialmente inviabilizada. Tendo em conta estas inviabilizações, a solução de nível NZEB é, consequentemente, também ela inviabilizada parcialmente, dada a aplicação conjunta de todas as soluções do nível 1 a 5. Relativamente ao indicador de desempenho técnico das soluções viabilizadas, as soluções de nível NZEB e de nível 4 são aquelas que apresentam os valores mais favoráveis de IEE_{pr} . No entanto, estas soluções são parcialmente inviabilizadas e assim poderá considerar-se a solução de nível 1 como a mais viável relativamente ao indicador de desempenho técnico ou energético. Quanto aos indicadores de desempenho económico, a solução que apresenta os valores mais favoráveis do VAL, da TIR e do DPB consiste na solução de nível 1. Assim, a solução mais viável tendo em conta todos os fatores abordados neste parágrafo (I_0 , critérios de aceitação e indicadores de desempenho) consiste na solução de reabilitação de nível 1. A Tabela 64 faz um apanhado de todos os parâmetros relevantes para a análise de viabilidade das soluções de reabilitação energética propostas.

Tabela 64 Parâmetros Relevantes na Análise de Viabilidade das Soluções Propostas

Soluções	I_0 [€]	IEE_{pr} [kWh _{EP} ·(m ² ·ano) ⁻¹]	V A L [TIR [%]	DPB [anos]
Nível 1	100,00	115,21	25 930,48	3 713,99	1
Nível 2	8 600,00	118,34	26 583,01	29,67	4
Nível 3	30 308,17	117,34	44 914,12	11,28	10
Nível 4	33 089,94	103,24	20 968,77	1 957,34	1
Nível 5	302 432,31	119,63	-223 919,20	-0,25	N.D.
Nível NZEB	374 530,42	91,40	8 365,82	5,17	29
Nível NZEB ⁺		88,60			

Nesta tabela, os valores dos indicadores de desempenho económico de cada solução correspondem aos valores resultantes do cenário que se mostrou mais favorável, sendo que o indicador decisivo consistiu no DPB. Para a solução de nível 1 o cenário com valores mais favoráveis é o Cenário 2, com um DPB de 11 dias e meio inferior ao DPB de pouco mais de 11 dias e meio do Cenário 1; para a solução de nível 2 o Cenário 1 na ótica dos 16 anos é o mais favorável, com um DPB de 3 anos e 5 meses inferior ao DPB de 3 anos e 7 meses do Cenário 2; para a solução de nível 3 o cenário mais favorável é o Cenário 1, com um DPB de 10 anos inferior ao DPB de 11 anos do Cenário 2; para a solução de nível 4 o melhor cenário é o Cenário 2, com um DPB de quase 20 dias inferior ao DPB que ultrapassa os 20 dias do Cenário 1; para a solução de nível 5 não foi possível determinar qual o cenário mais favorável dado não ter sido possível determinar qual os DPB associados aos cenários do projeto de investimento em causa, tendo-se optado por colocar na Tabela 64 os valores do Cenário 1; para finalizar, para a solução de nível NZEB o Cenário 2 é o cenário mais favorável, com um DPB de, aproximadamente, 29 anos superior ao DPB de, aproximadamente, 25 anos do Cenário 1. A solução NZEB⁺ não representa mais um nível de reabilitação energética, mas sim uma solução adicional à solução de nível NZEB.

É também importante referir que os valores dos indicadores de desempenho económico constantes na Tabela 64 para a solução de nível 4 correspondem aos resultados obtidos da análise de viabilidade económica do lote de lâmpadas de tipologia Sódio de Alta Pressão MASTER SONI APIA Plus Hg de 57 600 lm. A escolha dos resultados obtidos da análise a esta tipologia de lâmpadas não significa que, de todas as tipologias sugeridas pela solução de nível 4, só esta apresente viabilidade económica, significa sim que esta tipologia é de todas a mais atrativa, ou seja, com o VAL mais elevado, a TIR mais elevada e o DPB mais curto. No âmbito da solução de nível 4 aplicada individualmente aconselha-se a instalação de todas as tipologias de lâmpadas, à exceção das LED CorePro LEDcapsule, LED Esférica e LED Standard de 806 lm devido, principalmente, à proximidade dos seus SPB e DPB com a vida útil média destas tipologias.

Ainda relativamente à solução de nível NZEB, mediante a previsão descrita, antes de se iniciar a análise de viabilidade económica da solução em causa, seria de esperar, tal como se verificou, uma redução no consumo de gás natural não tão significativa como a soma das reduções resultantes da aplicação individual das soluções propostas, dada a ação das soluções de nível 1 e, principalmente, de nível 4 no aumento deste consumo. No entanto, não se previa que a redução no consumo de energia elétrica fosse inferior ou tão inferior à soma das reduções resultantes da aplicação individual das soluções propostas. Antes pelo contrário, previa-se que a redução no consumo de energia elétrica fosse até potenciada. Este comportamento leva a crer que os aumentos no consumo de energia elétrica para efeitos de aquecimento ambiente resultantes da aplicação individual das soluções de nível 1 e 4, apesar de representarem ligeiros a moderados aumentos facilmente contrabalançáveis com a diminuição do consumo pelos sistemas de iluminação, tenham-se potenciado mutuamente.

Antes de concluir, é importante salientar que na análise de viabilidade económica não foram considerados quaisquer custos associados à possível paragem dos serviços levados a cabo no edifício Central e da Reitoria no que diz respeito, nomeadamente, à instalação e/ou substituição de lâmpadas e de elementos da envolvente envidraçada exterior. Para justificar esta ausência de custos de paragem, pode-se considerar que a instalação e/ou substituição destes componentes poderão ser realizadas em dias não úteis ou noutros períodos de interrupção dos serviços durante o ano. Por último, referir também que se desconhece que os custos consultados no Gerador de Preços *on-line* da CYPE Ingenieros incluam a taxa do IVA (Imposto sobre o Valor Acrescentado) e portanto todos os valores monetários provenientes do gerador de preços poderão ter ainda de ser sujeitos ao valor do IVA. Os restantes valores monetários sabem-se já sujeitos a IVA.

4.11. Síntese de Capítulo

No presente capítulo analisou-se a viabilidade técnica e económica de um total de seis soluções de reabilitação energética hierarquizadas segundo a ordem crescente do valor do investimento inicial a elas associado. Desta hierarquização a última solução consiste na junção de todas as soluções anteriores e, adicionalmente, de um sistema fotovoltaico. A viabilidade técnica foi analisada por recurso ao *software* DesignBuilder e a viabilidade económica por recurso ao modelo simplificado presente na legislação portuguesa e a um modelo dinâmico previamente construído no âmbito do presente trabalho. No fim conclui-se que a solução de reabilitação energética de nível 1 é a mais favorável de todas as soluções analisadas, contudo, à exceção da solução de nível 5, todas as outras apresentam um elevado potencial energético e económico. Além disto, também se conclui que a reabilitação energética na perspetiva do ótimo económico é concretizável com soluções simples e convencionais, enquanto a reabilitação energética na perspetiva NZEB só se demonstra concretizável para definições NZEB pouco ambiciosas.

No capítulo que se segue são analisadas as conclusões principais do presente trabalho de projeto e reunidas algumas sugestões de trabalho futuro.

5. Conclusões

5.1. Principais Limitações do Projeto

Muitas foram as limitações encontradas ao longo do presente trabalho de projeto, mas as principais encontram-se associadas à modelação do edifício Central e da Reitoria, pelo recurso ao *software* de simulação dinâmica DesignBuilder.

Inicialmente, o desenvolvimento do modelo geométrico não era propósito do presente projeto, contudo, devido a erros, relativos à geometria, detetados no modelo geométrico do edifício em estudo disponibilizado pela equipa dos SGTL, foi necessário desenvolver-se, praticamente do zero, um novo modelo geométrico. Estes erros foram detetados ao converter-se o ficheiro, cedido pelos SGTL, numa versão anterior do *software* DesignBuilder para a versão inicialmente utilizada no presente trabalho. Dada a complexidade da geometria do edifício em estudo, rapidamente se percebeu que seria mais coerente desenvolver um novo modelo geométrico em alternativa à constante procura e correção dos erros gerados. O desenvolvimento de um novo modelo geométrico também não se demonstrou tarefa fácil, nomeadamente a construção do bloco do auditório e do fosso existente no pátio/*Impluvium*. Só após bastantes simplificações da geometria real do edifício, foi possível desenvolver-se o modelo geométrico simplificado desejado.

Também na modelação técnica do edifício em análise foram encontradas muitas limitações, fruto, principalmente, da escassez de informação caracterizadora dos componentes de edifícios. Os sistemas de climatização e ventilação (sistemas AVAC) de longe foram os componentes mais prejudicados com a ausência de dados técnicos credíveis e coerentes com a realidade. Assim, a modelação destes sistemas ficou muito aquém dos objetivos e expectativas do presente trabalho de projeto. Tendo em conta o impacto significativo destes sistemas no desempenho energético do edifício e, consequentemente, nos consumos de energia do mesmo, destacam-se as limitações associadas à modelação destes sistemas, como as mais relevantes no trabalho de projeto desenvolvido. Como já foi demonstrado no parágrafo anterior, as limitações levam a simplificações na modelação e, na caracterização dos sistemas de climatização e ventilação, aconteceu o mesmo. Assim, devido à insuficiente informação caracterizadora destes sistemas, foi necessário optar-se pela metodologia de modelação mais simplista disponibilizada pelo DesignBuilder (*simple HVAC*). Em alternativa à metodologia mais detalhada e, também, mais realista (*detailed HVAC*), a utilização do *simple HVAC* levou à necessidade de se simplificar, pelo menos, dois sistemas de climatização com significativa relevância para o desempenho energético do edifício em análise. Estes consistem no sistema hidrónico e no sistema AC *split* da zona da sala de quadros elétricos. Em ambos os casos é provável que a modelação realizada não tenha sido a mais correta. Isto é, apesar de terem sido selecionados os *template* AVAC mais coerentes e, dentro dos possíveis, ter-se realizado a mais adequada modelação destes sistemas, não se conseguiu confirmar o consumo de gás natural associado ao sistema hidrónico, nem o consumo de energia elétrica, associado à unidade AC *split* (arrefecimento ambiente, principalmente), adequado à realidade. Estas e todas as outras simplificações realizadas, e caracterizadas ao longo do presente documento, são as responsáveis pelos resultados obtidos ao longo de todo o processo de calibração do modelo simplificado desenvolvido. É importante referir que, mediante o que foi descrito, apesar de validado o modelo desenvolvido, pode dar-se o caso de os impactos negativos de todas as simplificações realizadas, no desempenho energético do edifício em estudo, se anularem uns aos outros e, assim, ter sido possível o sucesso do processo de calibração.

Todas as simplificações levadas a cabo ao longo do presente trabalho de projeto representaram limitações ao desenvolvimento do modelo simplificado, bem como, agora que concluído o mesmo, as mesmas consistem nas sensibilidades que o projeto inclui. Todos os valores arbitrados, considerações e

estimativas afetam os resultados obtidos ao longo deste trabalho, no entanto destacam-se: as simplificações realizadas no âmbito da modelação dos sistemas de climatização, fruto do que já foi referido; a não inclusão de sistemas de iluminação exterior, uma vez que estes sistemas podem ter um papel bastante significativo no consumo de energia; e os perfis de operação e funcionamento estabelecidos, nomeadamente os perfis de ocupação, tendo em conta o impacto significativo que os ocupantes exercem no edifício e em todos os seus componentes. A título de exemplo, observe-se o caso do perfil de operação da unidade AC *split* da zona de centrais de segurança, a qual foi caracterizada como promovendo o aquecimento e arrefecimento nos mesmos períodos, ao longo do ano, que as unidades de climatização centralizadas (caldeira, *chiller*, etc.). No entanto, a unidade AC, em causa, trata-se de um equipamento facilmente manuseado pelos ocupantes do espaço, que tanto pode promover o aquecimento da zona no mês de janeiro, por exemplo, como o arrefecimento. Assim, a caracterização do perfil de operação deste sistema de climatização representou limitações ao desenvolvimento do modelo energético simplificado do edifício, bem como, agora que concluído, a sua caracterização, idêntica à das unidades centralizadas, pode acrescentar sensibilidade ao modelo.

5.2. Principais Conclusões do Projeto

Como um dos principais contributos do presente trabalho de projeto desenvolvido, destaca-se o conjunto de informações reunidas no e para o desenvolvimento do capítulo 2. Uma das conclusões deste trabalho consiste na realização de que se sente, de uma forma bastante significativa, a ausência de um guia ou manual de boas práticas, que possa auxiliar o analista no processo de levantamento de informação e/ou caracterização de edifícios no âmbito da simulação dinâmica. O que se tentou fazer foi reunir, no capítulo 2, o máximo de informação relativa aos componentes de edifícios e aos *inputs* necessários na caracterização dos mesmos, para que este conteúdo possa servir como *check list* ou cadastro alternativo a futuros trabalhos de projeto.

Da simulação dinâmica em condições reais conclui-se que, dos vetores energéticos consumidos no edifício estudado, a energia elétrica corresponde aquele que apresenta o maior consumo de energia a si associado. Esta distribuição do consumo de energia, pelos dois vetores energéticos presentes no edifício, já era esperada, tendo em conta os consumos reais medidos disponibilizados para o presente projeto e o facto de o consumo de gás natural se limitar à operação da caldeira, sendo a maior parte dos sistemas técnicos do edifício consumidora de energia elétrica. Os equipamentos (outros consumidores de energia) são o grupo consumidor com mais peso, tanto na distribuição do consumo anual de energia elétrica como globalmente na distribuição do consumo total anual de energia. Seguidos dos equipamentos, surgem os sistemas de iluminação e de climatização e ventilação do edifício, como os segundos e terceiros, respetivamente, maiores consumidores de energia. Numa fase muito preliminar do presente trabalho de projeto, expectava-se que fossem os consumos devidos à operação da iluminação, climatização e ventilação aqueles que apresentassem maior peso no consumo total anual de energia. No entanto, é aos equipamentos que corresponde o maior consumo de energia, fruto da modelação realizada com base no levantamento executado pela entidade independente e exterior à Universidade de Aveiro. Quanto às perdas térmicas e ganhos úteis de calor, conclui-se que as perdas devidas à ação dos sistemas AVAC na ótica de arrefecimento, bem como ao *free cooling*, são as mais significativas e que os ganhos se devem, principalmente, aos ganhos solares através da envolvente envidraçada exterior. As infiltrações e a envolvente envidraçada surgem como as segundas e terceiras maiores responsáveis pelas perdas de calor. Os equipamentos e os elementos construtivos interiores horizontais, nomeadamente as coberturas interiores, como os segundos e terceiros maiores responsáveis pelos ganhos térmicos úteis. Este desempenho do edifício Central e da Reitoria corresponde ao esperado, à

exceção das perdas de calor através do pavimento interior e dos ganhos através da cobertura interior. Estes fluxos de calor são bastante significativos nas perdas e nos ganhos do edifício, o que não era de todo esperado. Consegue-se correlacionar as perdas pelo pavimento com os ganhos pela cobertura, no entanto não foi possível encontrar uma justificação para os mesmos.

Relativamente às soluções de reabilitação energética analisadas, conclui-se que, das seis soluções propostas, as três primeiras, na ordem hierárquica estabelecida, podem ser consideradas ótimas económicas, ou seja, viáveis técnica e economicamente. Destas três soluções ótimas económicas, a mais favorável consiste na solução de nível 1. Das seis soluções estudadas, só a de nível 5 não apresenta viabilidade económica, apesar de viável tecnicamente. As soluções de nível 4 e de NZEB são viáveis tanto técnica como economicamente, porém apresentam algumas limitações na sua aplicação.

A solução de reabilitação energética de nível 1 atua no sentido da diminuição da utilização de sistemas de iluminação e, portanto, conclui-se que a aplicação da mesma contribuiu diretamente para a redução do consumo de energia elétrica e dos ganhos úteis devido a esta fonte interna de calor. Tal como a Imagem 250 demonstra, dá-se uma diminuição de, aproximadamente, 17 192 kWh nos ganhos internos devido aos sistemas de iluminação. Esta imagem representa também uma diminuição das perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling* de, aproximadamente, 3 800 kWh, bem como um ligeiro aumento dos ganhos devidos ao *zone sensible heating* de, aproximadamente, 1 050 kWh. De uma forma geral, as perdas e ganhos através da envolvente e da renovação do ar interior são também reduzidos ligeiramente, o que se deve, principalmente, à diminuição de uma fonte de calor, suscetível de ser perdido por estas vias. Este comportamento é coerente com os consumos de energia obtidos.

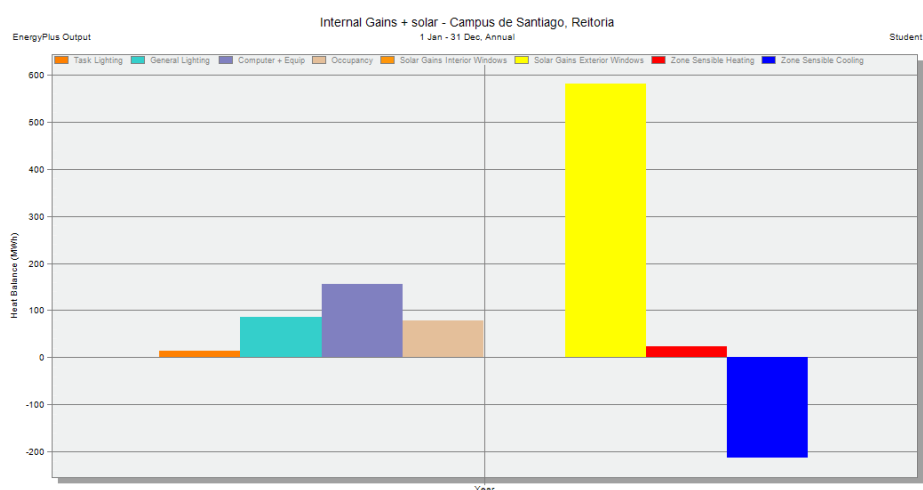


Imagem250 Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível 1 nos Ganhos Internos e Solares

A solução de reabilitação energética de nível 2 atua no sentido da diminuição da utilização das unidades de produção de calor para o aquecimento ambiente e, portanto, conclui-se que a aplicação da mesma contribuiu diretamente para a redução dos consumos de ambos os vetores energéticos e dos ganhos úteis devido ao *zone sensible heating*. Tal como a Imagem 251 demonstra, dá-se uma ligeira diminuição de, aproximadamente, 490 kWh nos ganhos devidos ao *zone sensible heating*. Esta imagem representa também uma significativa diminuição das perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling* de, aproximadamente, 4 653 kWh, bem como um aumento dos ganhos internos devidos à ocupação, de, aproximadamente, 1 910

kWh. De uma forma geral, as perdas e ganhos através da envolvente e da renovação do ar interior são também reduzidos, o que se deve, principalmente, à diminuição do calor gerado para a climatização do edifício, suscetível de ser perdido por estas vias. À exceção da diminuição das perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling*, o restante comportamento verificado é coerente com os consumos de energia obtidos. Não era esperado que a diminuição das perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling* fosse tão elevada, de tal forma que a redução dos ganhos úteis devidos ao *zone sensible heating* é praticamente insignificante quando comparada com a primeira. Pode-se concluir que as reduções dos ganhos através da envolvente e devidos ao *zone sensible heating* têm impacto na redução das perdas devidas ao *zone sensible cooling*, entanto não se esperava que a redução das perdas de calor devidas a este fator fossem tão significantes. Neste sentido, é importante referir que os ganhos devidos às fontes internas de calor permaneceram inalterados, à exceção dos devidos à ocupação, que aumentam.

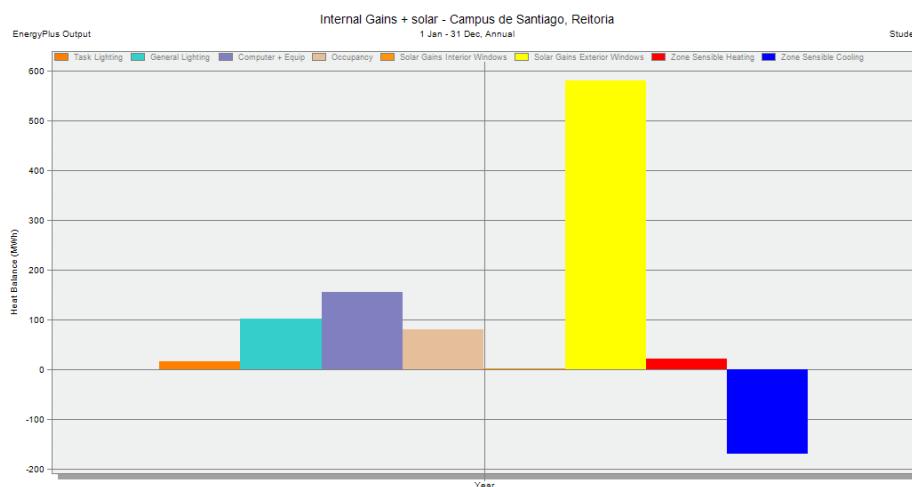


Imagem251 Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível 2 nos Ganhos Internos e Solares

A solução de reabilitação energética de nível 3 atua no sentido da substituição da unidade de produção de calor para o aquecimento ambiente a gás natural existente, por outra mais eficiente, e, portanto, conclui-se que a aplicação da mesma contribuiu diretamente para a redução do consumo de gás natural, não alterando qualquer perda de calor e/ou ganhos úteis térmicos do edifício. Isto é, com a aplicação desta solução nada altera na dinâmica térmica do edifício e seus componentes. A troca da caldeira existente, por uma nova mais eficiente, só irá beneficiar a redução da potência absorvida pela máquina, para que sejam proporcionadas as condições de conforto estabelecidas. Ou seja, na redução do consumo de gás natural.

A solução de reabilitação energética de nível 4 atua no sentido da diminuição dos sistemas de iluminação e da substituição das lâmpadas existentes por outras mais eficientes, portanto, conclui-se que a aplicação da mesma contribuiu diretamente para a redução do consumo de energia elétrica e dos ganhos internos devidos aos sistemas de iluminação. Tal como a Imagem 252 demonstra, dá-se uma diminuição de, aproximadamente, 74 750 kWh nos ganhos internos devidos aos sistemas de iluminação. Esta imagem representa também uma diminuição significativa das perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling*, de, aproximadamente, 25 410 kWh, bem como um aumento dos ganhos devidos ao *zone sensible heating* e ocupação, de, aproximadamente, 6 990 kWh e 2 640 kWh, respetivamente. Mais uma vez, de uma forma geral, as perdas e ganhos através da envolvente e da renovação do ar interior são também reduzidos, para alguns componentes significativamente, o que se deve, principalmente, à diminuição de uma fonte de calor, suscetível de ser perdido por estas vias. Este comportamento é coerente com os consumos de energia obtidos. É importante referir que, ao contrário da substituição da caldeira, a substituição proposta pela presente solução afeta o número de lâmpadas em operação, diminuindo-o, como também a potência de

iluminação, uma vez diminuindo-a outras aumentando-a. Este impacto traduz-se em alterações na dinâmica térmica do edifício e seus componentes, nomeadamente na densidade de potência de iluminação (DPI) tão importante na determinação dos ganhos internos devidos aos sistemas de iluminação.

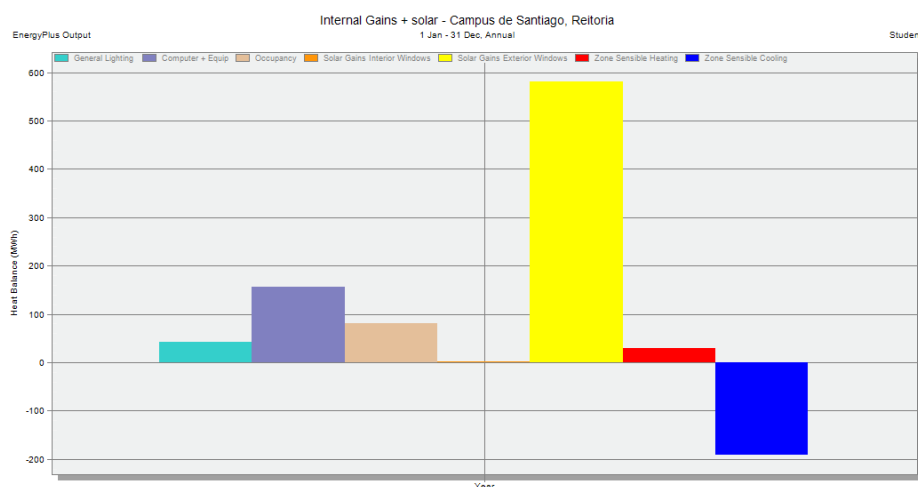


Imagem252 Impacto da Solução de Reabilitação Energética em Nível 4 nos Ganhos Internos e Solares

A solução de reabilitação energética de nível 5 atua no sentido da diminuição dos ganhos e perdas através da envolvente envidraçada exterior, portanto, concluiu-se que a aplicação da mesma contribuiu diretamente para a redução dos consumos de ambos os vetores energéticos. Tal como a Imagem 253 demonstra, dá-se uma diminuição de, aproximadamente, 17 110 kWh nos ganhos solares através da envolvente envidraçada exterior. Esta imagem representa também uma diminuição dos ganhos úteis térmicos devidos ao *zone sensible heating* e à ocupação, de, aproximadamente, 4 450 kWh e 2 260 kWh, respetivamente, bem como um aumento das perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling* de, aproximadamente, 8 900 kWh. De uma forma geral, as perdas e ganhos através da envolvente e da renovação do ar interior aumentam, à exceção das perdas de calor através dos vãos envidraçados, que reduzem 57 197 kWh. Este aumento não era expectável, não se previa qualquer alteração no comportamento destes parâmetros, à exceção, claro, das perdas pelos vidros. O aumento das perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling* também não era esperado, tendo em conta, principalmente, a diminuição do consumo de energia elétrica, devido, essencialmente, à diminuição do consumo associado ao arrefecimento ambiente.

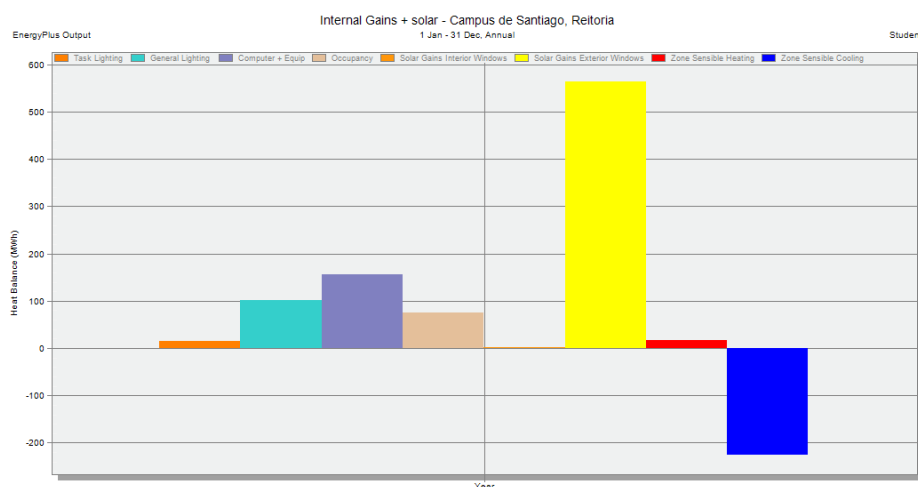


Imagem253 Impacto da Solução de Reabilitação Energética em Nível 5 nos Ganhos Internos e Solares

Por fim, a solução de reabilitação energética de nível NZEB atua no sentido da conjugação de todas as soluções de reabilitação energética anteriores, no sentido de se poder estudar a possível redução de consumos de energia numa ótica NZEB. Portanto, conclui-se que a aplicação desta solução contribuiu diretamente para a redução dos consumos de ambos os vetores energéticos. Tal como a Imagem 254 demonstra, à exceção dos ganhos úteis térmicos devidos aos equipamentos, que se mantêm inalterados, e à ocupação, que aumentam (1 180 kWh), todos os restantes ganhos diminuem, assim como também as perdas de calor devidas ao *zone sensible cooling*. As perdas de calor através da renovação do ar interior aumentam ligeiramente e, à exceção da envolvente opaca horizontal (pavimento interior e coberturas interiores e exteriores), as perdas e ganhos através da envolvente diminuem, destacando-se a redução das perdas através dos envidraçados como a mais significativa (66 730 kWh). As perdas e ganhos através da envolvente opaca horizontal também aumentam. Tendo em conta os resultados obtidos para as soluções anteriores, pode-se concluir que os aumentos verificados nas perdas e ganhos através da renovação do ar e da envolvente opaca horizontal, para a presente solução, são reflexo da aplicação da solução de nível 5 e, o aumento dos ganhos internos devidos à ocupação, da aplicação das soluções de nível 2 e 4. As diminuições verificadas são reflexo um pouco de todas as soluções, cada uma na sua proporção.

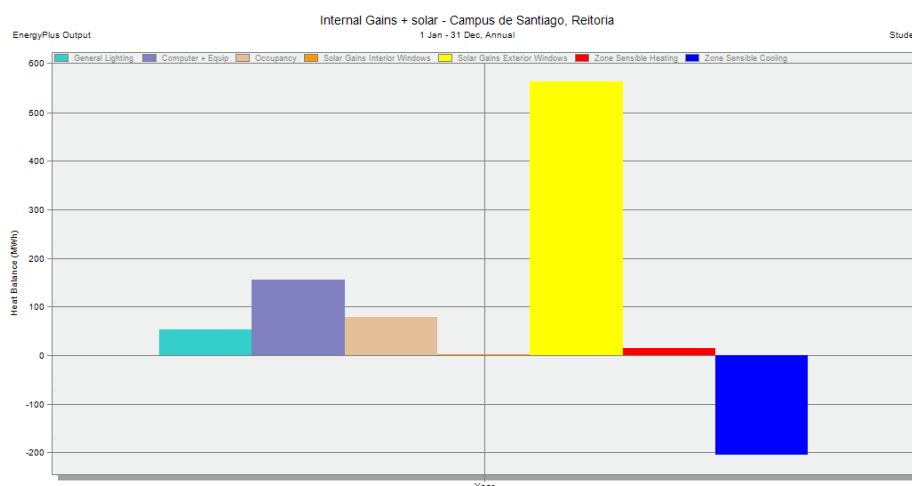


Imagem254 Impacto da Solução de Reabilitação Energética de Nível NZEB nos Ganhos Internos e Solares

Da comparação da análise realizada pelo modelo simplificado com a realizada pelo modelo dinâmico, conclui-se que a análise de viabilidade económica simplificada, em comparação com a dinâmica, é bastante mais otimista. Neste sentido, destacam-se os, sempre inferiores, custos ou *cash flow* (CF) e períodos de retorno associados à análise simplificada. Assim, do modelo simplificado é mais suscetível resultar análises favoráveis à determinação da viabilidade económica das soluções de reabilitação energética propostas. Ainda relativamente à análise simplificada, é importante referir que, dependendo da solução proposta, o período de 8 anos pode não ser coerente utilizar como período de retorno “obrigatório”. Veja-se o exemplo da substituição da envolvente envidraçada exterior, que pode durar quase tanto tempo como o próprio edifício, para este exemplo, 8 anos, pode não ser um período realista a ter em conta na análise da viabilidade económica da sua aplicação. Posto isto, a análise dinâmica é muito mais realista e coerente com uma possível realidade futura, não só por ser mais pessimista e detalhada, em comparação com a simplista, mas, também, porque a mesma pode abranger todos os cenários económicos e/ou financeiros que o analista desejar criar. Não obstante ao que foi referido, numa fase preliminar, do presente trabalho de projeto, previa-se que os

resultados desta comparação iriam indicar discrepâncias na análise de viabilidade económica muito acentuadas do que as que se verificaram. No entanto, neste sentido, podem os cenários desenvolvidos não serem suficientes para retirar esta conclusão.

Da aplicação dos dois cenários criados na análise de viabilidade técnica e económica por recurso ao modelo dinâmico, conclui-se que, das seis soluções de reabilitação energética analisadas, duas apresentam resultados mais favoráveis (melhores valores do VAL, TIR e DPB) no Cenário 1 e três no Cenário 2, sendo que para a solução de nível 5 não foi possível determinar qual o “melhor” cenário de investimento, dado não se ter conseguido determinar o exato valor do *Discounted PayBack* (DPB). Também se conseguiu detetar que as soluções, em que o Cenário 1 é mais favorável, são exatamente aquelas que não apresentam quaisquer custos anuais ao longo da duração do projeto de investimento, ou seja, não apresentam qualquer aumento de consumo de energia, de nenhum dos vetores energéticos, a elas associado. Posto isto, pode-se concluir que o cenário mais favorável a projetos de investimento, que impliquem custos ao longo da duração do mesmo (a partir do ano zero), consiste no Cenário 2, enquanto para projetos, que não impliquem esses custos, o Cenário 1 será mais favorável. Ao contrário das restantes soluções de reabilitação energética, para a solução de nível NZEB, que não apresenta quaisquer custos ao longo do projeto de investimento, o cenário mais favorável consiste no Cenário 2. Não obstante ao referido, tendo em conta que a realidade por norma tende a resultar em projetos de investimento com alguns custos, ao longo da duração dos mesmos, e considerando-se, assim, a pior das situações, concluiu-se que o Cenário 2 deverá ser considerado como o mais favorável a projetos de investimento. Este comportamento já era previsível, uma vez que o Cenário 2 é o mais otimista dos dois cenários analisados, no qual as taxas (inflação e de atualização) são mais elevadas representado, assim, a expansão económica e financeira.

Da análise de viabilidade energética e económica realizada no âmbito do conceito NZEB verifica-se, tal como referido no capítulo 1, que ao menor consumo de energia, logo menor custo de funcionamento do edifício, corresponde o mais elevado dos custos globais, nomeadamente custos de investimento inicial (recurso a tecnologia de ponta). A solução de reabilitação energética de nível 5 exemplifica o que foi referido na perfeição. Por um lado reduzidos consumos de energia e possíveis poupanças elevadas, por outro lado um exorbitante investimento inicial que, apesar dos benefícios no consumo de energia, não é recuperável no período de duração do projeto de investimento. Já as restantes soluções de reabilitação energética podem ser um bom exemplo de como é possível encontrar o custo ótimo económico. Da análise desta solução também se pode concluir que, fruto da dinâmica do edifício, a aplicação conjunta de várias opções de reabilitação energética, que analisadas individualmente apresentam resultados bastantes favoráveis, pode não resultar na exponenciação positiva desses mesmos resultados.

Por fim, da análise comparativa das duas perspetivas de reabilitação energética conclui-se que a perspetiva do ótimo económico prevalece à perspetiva NZEB. Tal como já foi referido, a maioria das soluções de reabilitação energética aplicadas individualmente apresentam viabilidade técnica e económica, sendo que todas elas são viáveis tecnicamente. A viabilidade destas soluções verifica a aplicabilidade da reabilitação energética do edifício Central e da Reitoria na perspetiva do ótimo económico, demonstrando que esta perspetiva de reabilitação é realista e concretizável. A reabilitação energética na perspetiva NZEB analisada além de não apresentar um desempenho económico atrativo (lo muito elevado), o desempenho energético resultante não verifica a transformação do edifício Central e da Reitoria num NZEB. Apesar de a ambição dos requisitos NZEB variar drasticamente de país para país e para definições pouco ambiciosas verificar-se o cumprimento do limite máximo do IEE, este trabalho de projeto privilegia níveis de ambição mais elevados. Assim, apesar de no âmbito da definição NZEB do Chipre se verificar a aplicabilidade do conceito NZEB ao edifício em estudo, não se conclui essa verificação. Esta não verificação é também suportada pela reduzida quota de energia renovável resultante da instalação de painéis fotovoltaicos na cobertura plana disponível, não se cumprindo as quotas aconselhadas por algumas definições NZEB (20 % no mínimo). Relembrando a

problemática associada ao modo de produção ou captação de energias renováveis (*on-site nearby* ou *off-site*), para se atingir quotas de energia renovável da ordem de 20 % da energia primária, será necessário instalar intensivamente sistemas de aproveitamento de energia renovável, como, por exemplo, cobrir toda a envolvente exterior de edifícios por painéis fotovoltaicos, e talvez mesmo assim a produção *on-site* poderá não ser suficiente. Além disto, a instalação intensiva destes sistemas poderá ter impactos negativos no desempenho do edifício e, dado tratar-se de um edifício existente, muitas serão as limitações a esta instalação. Por se tratar de um edifício existente, o mesmo não apresenta condições favoráveis à instalação de sistemas de aproveitamento de energia renovável, condições que no caso de edifícios novos podem ser levadas em consideração logo na fase de projeto e assim garantidas mediante as necessidades do edifício.

Da análise de viabilidade das soluções propostas, também se concluiu que, apesar da legislação, relativa à melhoria do desempenho energético dos edifícios, ser pouco ambiciosa na imposição de requisitos ao edificado existente, estando este sujeito só à certificação, os requisitos aplicáveis a edifícios novos ou sujeitos a grande intervenção podem ser ambiciosos demais. A solução de nível 5 pode retratar esse excesso de ambição, tendo em conta o estudo realizado quanto ao cumprimento do requisito mínimo no âmbito da qualidade térmica da envolvente envidraçada. No entanto, a solução de nível 4 é exemplo da aplicabilidade, viável, do requisito mínimo no âmbito dos níveis máximos admissíveis de iluminância e dos valores máximos da densidade de potência de iluminação.

Tendo em conta o que fora referido, conclui-se que os objetivos do presente trabalho de projeto foram alcançados. O capítulo 2 apresenta um conteúdo bastante simpático de informação útil ao levantamento de informação e/ou caracterização de edifícios no âmbito da simulação dinâmica. A otimização energética económica foi verificada na maioria das soluções de reabilitação energética analisadas, concluindo-se que o nível ótimo económico é alcançável. E, por último, foi possível estudar-se a aplicabilidade da ótica NZEB no edifício Central da Reitoria, o que, dadas as suas características, permite concluir que uma análise mais detalhada e dirigida para este conceito é fundamental à sua aplicabilidade.

5.3. Sugestões de Trabalho Futuro

Esta subsecção é um reflexo do tudo o que foi referido nas subsecções anteriores do presente capítulo final.

Como sugestões de trabalho futuro, no sentido do melhoramento do modelo simplificado desenvolvido, propõe-se a realização de um novo levantamento de informação ao edifício Central e da Reitoria. Este levantamento seria mais dirigido para os parâmetros cuja modelação sofreu simplificações, devido à ausência de dados, e, portanto, poderá tratar-se de um processo de menores dimensões quando comparado com o que foi realizado pela entidade exterior e independente à Universidade de Aveiro. A concretização do mesmo poderá basear-se na informação recolhida no capítulo 2, priorizando-se a busca de informação no sentido das tecnologias, equipamentos e parâmetros aí referidos. Destacam-se os sistemas de climatização e ventilação, bem como os sistemas de iluminação artificial exterior, como de especial relevância a ter em conta na análise decorrente de um possível novo levantamento. Caso não se verifique qualquer sistema de iluminação exterior, associado aos consumos de energia elétrica do edifício estudado, fica confirmada a verosimilidade do modelo desenvolvido.

Propõe-se também a definição ou o desenvolvimento de uma estrutura padrão de um inventário a ter em conta no levantamento de informação e, posterior, caracterização de edifícios no âmbito da simulação

dinâmica. Estrutura esta que poderá ser desenvolvida tendo por base dos dados recolhidos no capítulo 2 do presente trabalho de projeto.

No sentido da continuidade da análise de soluções de reabilitação energética do edifício Central e da Reitoria, sugere-se a atuação no sentido da racionalização do consumo de energia devido aos equipamentos. Soluções que passem pela redução de consumos em *standby* poderão ser um bom ponto de partida. O estudo dos perfis de utilização dos elevadores, de forma a ser possível alterar o atual perfil de funcionamento dos sistemas de iluminação neles existentes (24 horas por dia todos os dias do ano), pode também ser uma sugestão de trabalho futuro neste âmbito. Poderá ser interessante analisar a instalação de dispositivos de controlo, do tipo sensores de presença ou outros, nos elevadores deste edifício.

Sugere-se a continuação da análise de viabilidade energética e económica, iniciada no presente trabalho de projeto, de novas soluções de reabilitação energética, no sentido de aproximar o máximo possível o edifício Central e da Reitoria, ou outro com características semelhantes, do conceito NZEB. Depois de se atingir uma racionalização de consumos satisfatória, no sentido da perspetiva NZEB, incentiva a instalação de sistemas de aproveitamento de fontes de energia renovável (FER) (painéis fotovoltaicos, por exemplo), não só pela perspetiva de diminuição do consumo de energia, mas também por representar mais um passo no sentido do conceito NZEB. A instalação destes sistemas de aproveitamento não foi analisada no presente trabalho devido à escassez do recurso tempo, mas também porque, tal como referido no capítulo 1, um edifício com necessidades quase nulas de energia é definido como um edifício com reduzidas necessidades energéticas, fruto dos seus componentes eficientes, e que colmata essas necessidades em grande parte pelo recurso a energia proveniente de FER, contudo o conceito NZEB torna-se mais realista com uma abordagem que privilegie em primeiro lugar a racionalização de consumos e só depois a implementação de sistemas alternativos para a produção de energia e acredita-se que ainda se pode fazer mais no sentido da racionalização de energia. Na ótica da análise de viabilidade energética e económica por recurso ao modelo dinâmico, pode ser interessante estudar-se outros cenários económicos/financeiros.

Referências Bibliográficas

ABB - Technical note IEC 60034-30 standard on efficiency classes for low voltage AC motors Identical to. 4:2009).

ADENE - **Portal da Agência para a Energia** [Em linha] [Consult. 11 jul. 2014]. a). Disponível em WWW:URL:<http://www.adene.pt/>.

ADENE - **Portal da Agência para a Energia** [Em linha] [Consult. 11 jul. 2014]. b). Disponível em WWW:URL:<http://www.adene.pt/>.

ALTER, L. - **TreeHugger** [Em linha], atual. 2009. [Consult. 23 ago. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.treehugger.com/>.

ARAÚJO, C.; ALMEIDA, M.; BRAGANÇA, L. - Analysis of some Portuguese thermal regulation parameters. **Energy and Buildings**. . ISSN 03787788. 58:2013) 141–150. doi: 10.1016/j.enbuild.2012.11.024.

ARQUITECTOS, G. B. - **Gonçalo Byrne Arquitectos** [Em linha] [Consult. 14 nov. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.byrnearquitectos.com/>.

ASHRAE Standard 140-2001. (01-

ASHRAE - **ASHRAE** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 12 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:<https://www.ashrae.org/home>.

AVEIRO, U. De - **Universidade de Aveiro** [Em linha] [Consult. 27 nov. 2014]. a). Disponível em WWW:URL:<http://www.ua.pt/PageText.aspx?id=156>.

AVEIRO, U. De - **Universidade de Aveiro** [Em linha] [Consult. 27 nov. 2014]. b). Disponível em WWW:URL:<http://www.ua.pt/>.

AVEIRO, U. De - **Campo de Santiago - Vinte Anos na Construção da Universidade de Aveiro**. Aveiro : [s.n.]. 7 – 20, 159 – 162 p.

BANK, E. C. - **The European Central Bank** [Em linha] [Consult. 24 maio. 2015]. Disponível em WWW:URL:<https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/hicp/html/index.pt.html>.

BARNEY, D. G. - ENERGY MODELS FOR LIFTS. 2011).

BLOG, E. S. L. D. - **Energy Saving Lights Direct Blog** [Em linha], atual. 2011. [Consult. 29 mar. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://blog.energysavinglightsdirect.co.uk/the-light-bulb---energy-saving-gls/>.

BORNNEAU, D. *et al*-. Building Simulation 1993. In **CLIM 2000: Modular Software for Energy Simulation in Buildings**. Adelaide : [s.n.]

BPIE - NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS. April (2015).

BUILDER, D. - DesignBuilder Software. Londres. 2010) 2.

CARRIER - **Carrier** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 13 mar. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.carrier.pt/>.

EN 12464-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1 : Indoor work. (02- 1–43.

CHIPRE, D. H. L. - **Reabilitação e Manutenção de Edifícios Online** [Em linha] [Consult. 15 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/>.

CHRISTENSEN, J.; UNEP - Doha Climate Change Conference. In **The Emissions Gap Report 2012**. Doha : [s.n.]

Regulamento Delegado (UE) n.º 244/2012 de 16 de janeiro. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 81/18 (12- 18–36.

Regulamento n.º 640/2009 de 22 de julho. . Jornal Oficial da União Europeia: L 191/26 (09- 26–34.

COMMISSION, E. - **Energy Markets in the European Union in 2011**. Luxemburgo : European Union, 2012. 160 p. ISBN 9789279254895.

COMMISSION, E. - **EU energy in figures**. Luxemburgo : European Union, 2013. 252 p. ISBN 9789279301940.

Directiva 89/106/CEE de 21 de Dezembro. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias: n.º L 40/12 (88-

Directiva 92/42/CEE de 21 de Maio. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias: n.º L 167/17 (92- (a-

Directiva 92/75/CEE de 22 de Setembro. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias: n.º L 297/16 (92- (b-

Directiva 93/76/CEE de 13 de Setembro. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias: n.º L 237/28 (93- 28–30.

Directiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias: L 1/65 (02- 65–71.

Directiva 2004/8/CE de 11 de Fevereiro. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 52/50 (04- 50–60.

Directiva 2005/32/CE de 6 de Julho. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 191/29 (05-

Directiva 2006/32/CE de 5 de Abril. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 114/64 (06- 64–85.

Directiva 2009/28/CE de 23 de Abril. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 140/16 (09- (a- 16–62.

Directiva 2009/125/CE de 21 de Outubro. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 285/10 (09- (b- 10–35.

Directiva 2010/31/UE de 19 de Maio. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 153/13 (10- (a- 13–35.

Directiva 2010/30/UE de 19 de Maio. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 153/1 (10- (b-

Diretiva 2012/27/UE de 25 de outubro. **Jornal Oficial da União Europeia**. Jornal Oficial da União Europeia: L 315/1 (12- 1-56.

COSTA, J.; ITECONS; COIMBRA, U. De - Promoção da Eficiência Energética de Edifícios, Sustentabilidade e Conforto Interior Optimização de Soluções Construtivas. In **Técnicas de Inspeção e Avaliação do Desempenho de Edifícios Infiltrações**. Coimbra : [s.n.]

COSTA, V. - Introdução. 2014) 1-16.

CRAWLEY, D. - EnergyPlus : DOE's Next Generation Simulation Program. 2010).

CURADO, M. Â. D. - **A Eficiência Energética dos Edifícios Uma Estratégia para a Universidade de Aveiro** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Mestrado em Gestão e Políticas de Ambiente), Universidade de Aveiro, 2003 Disponível em WWW:URL:<http://ria.ua.pt/handle/10773/4493>.

DAIKIN - **DAIKIN** [Em linha] [Consult. 13 mar. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.daikin.pt/>.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Software** [Em linha], atual. 2007. [Consult. 19 jun. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.designbuildersoftware.com/efen.php>.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. a. [Consult. 16 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.2/#Simulation_Detailed_Results.htm?TocPath=Calculations|Simulation|_____4.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. b. [Consult. 16 jan. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.3/>.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. c. [Consult. 12 mar. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.3/#_VAV.htm?Highlight=CAV.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. d. [Consult. 10 out. 2014]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.2/#Simple_Glazing_Definition.htm?Highlight=SHGC.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. e. [Consult. 30 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.3/#Boilers.htm?Highlight=boiler>.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. f. [Consult. 12 fev. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.2/#_Environmental_comfort.htm#Fresh.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. g. [Consult. 16 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.3/#_Metabolic.htm?Highlight=metabolic.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. h. [Consult. 20 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.3/Content/Door_Operation.htm.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. i. [Consult. 20 abr. 2014]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.3/Content/_Operation2.htm.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. j. [Consult. 10 jun. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.2/#_Heating_design_simulation.htm.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. k. [Consult. 10 jun. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.2/Content/Heating_Design_Summary_Table.htm.

DESIGNBUILDER - **DesignBuilder Help** [Em linha], atual. 2014. l. [Consult. 30 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.3/Content/Performance_Curves.htm.

DGEG - **Balanco Energético**

DGEG - **Direção Geral de Energia e Geologia** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 23 maio. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.dgeg.pt/?cn=689170027003AAAAAAAAAAAAA>.

DR PAUL BANNISTER , CHRIS BLOOMFIELD, H. C. - 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. In **EMPIRICAL PREDICTION OF OFFICE BUILDING LIFT ENERGY CONSUMPTION**. Sydney : [s.n.]

DURKIN, T. H. - Boiler System Efficiency. **ASHRAE Journal**. 48:July (2006) 51–57.

ECEEE - **European Council for an Energy Efficient Economy** [Em linha] [Consult. 17 fev. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.eceee.org/>.

EDITORA, P. - Implúvio. In **Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico** [Em linha]. Porto : [s.n.] [Consult. 28 nov. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/implúvio>.

EEE - o candela. 2007) 1–16.

EERE - **Office of Energy Efficiency & Renewable Energy** [Em linha] [Consult. 19 jun. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://energy.gov/>.

EERE - **Office of Energy Efficiency & Renewable Energy** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 19 jun. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://energy.gov/>.

Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª série, n.º 159 (13-a- 4988–5005.

Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª Série, n.º 232 (13-b- 18–29.

Despacho n.º 15793-D/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (c- 35088.

Despacho n.º 15793-E/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (d- 14–25.

Despacho n.º 15793-F/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (e- 26–31.

Despacho n.º 15793-G/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (f- 32–35.

Despacho n.º 15793-H/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (g- 36–40.

Despacho n.º 15793-I/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (h- 41–54.

Despacho n.º 15793-J/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (i- 55–57.

Despacho n.º 15793-K/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (j- 58–87.

Despacho n.º 15793-L/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (k- 35088.

ENERGIA, E. E - **Energia e Edifícios** [Em linha], atual. 2014. a. [Consult. 20 maio. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.edificioseenergia.pt/>.

ENERGIA, E. E - **Energia e Edifícios** [Em linha], atual. 2014. b. [Consult. 20 jun. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.edificioseenergia.pt/>.

ENERGY, D.-G. For; ENERGY, M. O. For - **Key Figures**

ENERGY DIRECTORATE-GENERAL, E. C. - 1st expert meeting on a cost optimal methodology framework. In **1st expert meeting on a cost optimal methodology framework, 16 March 2011**. Bruxelas : [s.n.]

ENERGY, E. C. D.-G. For - **Energy** [Em linha] [Consult. 10 fev. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://ec.europa.eu/energy/>.

ENGENHARIACIVIL.COM - Courette. In **Dicionário Online de Engenharia Civil e Construção Civil** [Em linha] [Consult. 11 ago. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.engenhariacivil.com/dicionario/courette>.

ESTATÍSTICA, D. D. De S. De P. E - **Direção Geral de Energia e Geologia** [Em linha], atual. 2013. Disponível em WWW:URL:<http://www.dgeg.pt/>.

EUROPA, P. - **Europa Sínteses da Legislação da UE** [Em linha], atual. 2008. [Consult. 24 maio. 2014]. Disponível em WWW:URL:http://europa.eu/legislation_summaries/index_pt.htm.

EUROPEIAS, C. Das C. - **Plano de Acção para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial**. Bruxelas : [s.n.]

FERREIRA, J. A. - **Estudo de uma Nova Metodologia para Gestão de Energia em Edifícios – aplicação ao AVAC** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Mestrado Integrada em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010 Disponível em WWW:URL:<http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/60344>.

FERREIRA, P. A. De S. V. M. De - **Sistemas de ventilação híbridos em edifícios análise energética resultante da implementação de sistemas de ventilação inovativos** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006 Disponível em WWW:URL:<http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11532>.

FRAGOSO, R.; ADENE - Encontro 2013 ADENE - Agências Regionais e Municipais de Energia. In **O Novo Enquadramento Legal do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE)**. Miraflores : [s.n.]

GOVERNMENT, H. - **Non-Domestic Building Services Compliance Guide**. [S.l.] : NBS, 2011. ISBN 978 1 85946 376 5.

GRAVES, R. *et al*- **Net Zero and Living Building Challenge Financial Study: A Cost Comparison Report for Buildings in The District of Columbia**. Vancouver : [s.n.]

GRUPPE, B. I. G. - GreenRoof, 2014. Disponível em
WWW:URL:<https://www.youtube.com/channel/UCDf6BLwG0fa3epjvFDG39pA>.

HAPEREN, K. Van - European Standards Eurovent Certification AHU. 2009) 1–19.

HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. - **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Abingdon : Spon Press, 2011. 1–6, 8–12, 16–23, 37–42, 44, 45, 49–52, 56–60 p. ISBN 978–0–415–47414–6(hbk) 978–0–203–89161–2(ebk).

HERMELINK, D. A. - Webinar ECOFYS sustainable energy for everyone. In **Towards Nearly Zero-Energy Buildings**

IAPMEI - **Temas A-Z** [Em linha], atual. 2001. [Consult. 14 maio. 2015]. Disponível em
WWW:URL:<http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=577>.

IGFSE - **Instituto de Gestão do Fundo Social Europeu, IP** [Em linha] [Consult. 17 jan. 2015]. Disponível em
WWW:URL:http://www.igfse.pt/st_glossario.asp?startAt=2&categoryID=309.

Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril. **Diário da República**. Diário da República: I Série-A, n.º 67 (06- 2–6.

ITECONS - Folha de Cálculo de Aplicação do RCCTE. Coimbra. 2008).

ITECONS - Catálogo Online de Pontes Térmicas Lineares Guia de utilização. Coimbra. 2011).

KURNITSKI, J. *et al*- nZEB definitions in Europe. **REHVA Journal**. March (2014).

LAPA, J. S.; EVAC - 13º Seminário de Outono. In **Eficiência Energética nos Ventiladores Classificação Energética de Unidades de Tratamento de Ar**. Lisboa : [s.n.]

LARANJO, G.; FONSECA, F. V. P. Da - **Ciberdúvidas da Língua Portuguesa** [Em linha], atual. 2007. [Consult. 11 ago. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.ciberduvidas.com/pergunta.php?id=19787>.

LNEG - **LNEG Investigação para a Sustentabilidade** [Em linha], atual. 2010. [Consult. 20 mar. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.lneg.pt/iedt/projectos/370/>.

LONDON, D. For C. And L. G. - National Calculation Methodology (NCM) modelling guide (for buildings other than dwellings in England and Wales). London. 2008).

MANSOOR, M. *et al*- A guidance chart for most probable solution directions in sustainable energy developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. . ISSN 13640321. 24:2013) 306–313. doi: 10.1016/j.rser.2013.03.037.

MAPEI - Caderno Técnico Realização de betonilhas para o assentamento de pavimentos. Vila Franca de Xira. 2012).

MARTIN, J. - **Wandering Portugal** [Em linha], atual. 2010. [Consult. 19 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.wanderingportugal.com/maps/43/portugal-regions-map>.

MARTINS, N. - Cálculo da Carta Térmica em Edifícios Ventilação. 2008a) 1–20.

MARTINS, N. - Cálculo da Carga Térmica em Edifícios Ganhos Úteis Cálculo da Inércia térmica Ganhos Internos Ganhos Térmicos pelos Envidraçados. 2008b) 1–12.

MARTINS, N. - Cálculo da Carga Térmica em Edifícios Introdução Envolvente Opaca. 2008c) 1–19.

MARTINS, N. - Conforto Térmico. 2008d) 1–31.

MARTINS, N. - Cálculo da Carga Térmica em Edifícios Ganhos Térmicos pelos Envidraçados. 2008e).

MARTINS, N. - Psicometria. 2010) 1–16.

MARTINS, N. - Sistemas de Climatização Tecnologia AVAC. 2013a) 1–20.

MARTINS, N. - Renovação do ar QAI Componentes dos Sistemas de Ventilação Relevantes. Aula 13 (2013b) 1–27.

MARTINS, N. - Sistemas Tudo-Ar Componentes e Sistemas Controlo da Capacidade Dimensionamento de Conduatas. Aula 12 (2013c).

MARTINS, N. - (Continuação) Renovação do Ar QAI Componentes dos Sistemas de Ventilação Relevantes. 2013d) 1–28.

MARTINS, N. - Métodos de Simulação Dinâmica Introdução. 2014a) 1–19.

MARTINS, N. - A Envolvente Opaca. 2014b) 1–11.

MARTINS, N. - A Envolvente Envidraçada. 2014c) 1–12.

MARTINS, N. - Ventilação. 2014d) 1–22.

MARTINS, N. - Iluminação em Térmica de Edifícios. 2014e) 1–20.

MARTINS, N. - Sistemas de Climatização. 2014f) 1–19.

MARTINS, N. - Sistemas de Climatização Regulamentação. 2014g) 1–18.

MARTINS, N. - (Continuação) Sistemas de Climatização Regulamentação. 2014h) 1–17.

MARTINS, N.; ARAÚJO, A. - Cálculo de Cargas Térmicas Síntese Metodológica Introdução à Simulação Dinâmica. 2013) 1–17.

MARTINS, N.; CALISTO, H. - Análise Económica de Projectos de Investimento. 2007).

Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro. **Diário da República**. Diário da República: I Série, n.º 31 (90- 490–504).

Decreto-Lei n.º 156/92 de 29 de Julho do. **Diário da República**. Diário da República: I Série-A, n.º 173 (92- 3534–3548).

Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril. **Diário da República**. Diário da República: I Série-A, n.º 67 (06- (a- 2416–2468).

Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril. **Diário da República**. Diário da República: I Série-A, n.º 67 (06- (b- 2468–2513).

Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de novembro. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª Série, n.º 232 (13- (a- 6624(13)–6624(17)).

Portaria n.º 349-C/2013 de 2 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª Série, n.º 233 (13- (b- 20–39).

Despacho n.º 15793-C/2013 de 3 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 2.ª Série, n.º 234 (13- (c- 9–12).

Decreto-Lei n.º 53/2014 de 8 de abril. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª Série, n.º 69 (14- 2337–2340).

Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª Série, n.º 233 (13- 40–73).

Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª Série, n.º 235 (13- 2–10).

Decreto-Lei n.º 118/98 de 7 de Maio. **Diário da República**. Diário da República: I Série-A, n.º 105 (98- 2114–2129).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005 de 24 de Outubro. **Diário da República**. Diário da República: I Série-B, n.º 204 (05- 6168–6176).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de 10 de abril. **Diário da República**. Diário da República: 1.ª Série, n.º 70 (13- 2022–2091).

MORGADO, W. - **Panoramio** [Em linha] [Consult. 28 nov. 2014]. Disponível em WWW:URL:http://www.panoramio.com/user/716417?with_photo_id=51382770.

MOTA, J. - Avaliação e Gestão de Projetos Módulo IV Avaliação de Projetos. 2013a).

MOTA, J. - Avaliação e Gestão de Projetos Módulo IV Avaliação de Projetos (2). 2013b) 1–39.

MULTISPLIT, A. C. – - **Ar Condicionado – Multisplit** [Em linha], atual. 2011. [Consult. 3 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.multisplit.net/artigos/eficiencia-energetica-o-que-e-o-eer-e-o-cop/>.

NIPKOW, J.; SCHALCHER, M. - Energy consumption and efficiency potentials of lifts. Zurich. 2014).

ONLINE24 - **online24** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 27 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.online24.pt/feriados-municipais-em-aveiro/>.

ORONA - **Orona** [Em linha] [Consult. 8 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.orona-group.com/portugal/pt/secciones/somos-a-orona/ecoeficiencia/index.php>.

PCP, E. Da D. Do - **CDU Arouca** [Em linha], atual. 2010. [Consult. 19 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:<https://cduarouca.wordpress.com/2010/11/10/o-piddac-2011-do-governo-ps-para-o-distrito-de-aveiro-traduz-se-em-desinvestimento-recessao-economica-e-regressao-social-dorav/>.

PERFORMANCE, E. C. - Eurovent Certification for Air Handling Units : Five Energy Efficiency classes to make the right choice international. 2009).

PHILIPS - **Perguntas e Respostas** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 28 mar. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/>.

PINTO, D. S. M. V. - **Importância da Pormenorização Construtiva na Reabilitação de Edifícios Reabilitação de Coberturas** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil), Universidade do Porto, 2013 Disponível em WWW:URL:<http://www.rcaap.pt/detail.jsp?id=oai:repositorio-aberto.up.pt:10216/65483>.

PORTUGAL, M. - **Mapas, Fotos e Imagens de Satélite de Portugal** [Em linha], atual. 2003. [Consult. 19 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://www.mapas-portugal.com/Mapa_Distritos_Portugal.htm.

PRIBERAM - Implantação. In **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa** [Em linha]. Lisboa : [s.n.] Disponível em WWW:URL:<http://www.priberam.pt/dlpo/implementa%C3%A7%C3%A3o>.

PRIMELUX - **primelux** [Em linha] [Consult. 23 maio. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.primeluxled.com/>.

Decreto Regulamentar n.º 25/2009. . Diário da República: 1.ª série, n.º 178 (09- 6270–6285).

PÚBLICO - **Público** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 27 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://www.publico.pt/portugal/calendario-2015>.

RAFTERY, P.; KEANE, M.; O'DONNELL, J. - Calibrating whole building energy models: An evidence-based methodology. **Energy and Buildings**. . ISSN 03787788. 43:9 (2011) 2356–2364. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.05.020.

REGULATIONS, N. B. - **NBS Building Regulations** [Em linha], atual. 2011. [Consult. 30 abr. 2015]. Disponível em WWW:URL:https://www.thenbs.com/BuildingRegs/AssociatedDocuments/ShowContents.aspx?section=ND BSCG&topic=b_1001_ASSDOC_NDBSCG_00120.

RODRIGUES, A. C. - **Reabilitação energética dos edifícios: caracterização em termos energéticos dos edifícios existentes e elaboração de proposta de reabilitação numa perspetiva custo / benefício** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) Universidade do Minho, 2011. 3, 4 f. Disponível em WWW:URL:<http://hdl.handle.net/1822/22167>.

RORIZ, L. F. - **Luis Filipe Roriz** [Em linha] [Consult. 16 mar. 2015]. Disponível em WWW:URL:<http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/>.

RUI SÉRGIO DE SEIXAS GONÇALVES - **Eficiência energética na parte comum dos edifícios coletivos** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Mestrado em Energias Renováveis e Eficiência Energética) Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, 2011 Disponível em WWW:URL:<https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/3589>.

SAVI, A. - **Tellus Arquitetura e Sustentabilidade** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 23 ago. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://tellus.arq.br/blog/telhado-verde-impermeabilizacao>.

SOUSA, R. M. De *et al* - **Universidade de Aveiro Trinta Anos de Arquitetura**. Lisboa : [s.n.]

SOUSA, R. M. De *et al* - **Universidade de Aveiro Quarenta Anos de Arquitetura**. Lisboa : [s.n.]

TISEM, L. - **TISEM tecnologia, inovação, sustentabilidade** [Em linha], atual. 2012. [Consult. 15 jan. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.tisem.pt/>.

TRNSYS - **Thermal Energy System Specialists, LLC** [Em linha] [Consult. 20 jun. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.trnsys.com/>.

UN - **United Nations** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 7 jul. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=47520&Cr=population&Cr1=#.U7sQwvldVql>.

VALÉRIO, J. G. M. A. P. - **Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Técnica de Lisboa, 2007 Disponível em WWW:URL:https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/publico/departament/theses.do?method=showThesisDetails&selectedDepartmentUnitID=1911260507879&thesisID=2353642117022&_request_checksum_=5bcd17041d098e508e3822aaeb706ac876177c25.

VERDES, C. - **Coberturas Verdes** [Em linha], atual. 2011. [Consult. 23 ago. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://coberturasverdes.com/>.

WEG - Programas para Eficiência Energética. [s.d.].

WIKIENERGIA - **WIKIENERGIA** [Em linha] [Consult. 19 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://wikienergia.com/~edp/index.php?title=Electrificação_do_concelho_de_Aveiro.

WIKIPÉDIA - **Wikipédia** [Em linha] [Consult. 19 jan. 2015]. Disponível em WWW:URL:http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tejo.

WORKS, N. - **Natural Works** [Em linha], atual. 2011. a. [Consult. 19 jun. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.natural-works.com/db/>.

WORKS, N. - **Natural Works** [Em linha], atual. 2011. b. [Consult. 19 jun. 2014]. Disponível em WWW:URL:<http://www.natural-works.com/db/>.

Anexo 1

Tabela 02 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

Tabela 03 – Critérios para a determinação da zona climática de verão

Critério	$\theta_{\text{ext},v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext},v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{\text{ext},v} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Tabela 04 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento.

	z	M		GD		$\theta_{\text{ext},i}$		G_{Sul} kWh/m ² por mês
	REF m	REF meses	a mês/km	REF °C	a °C/km	REF °C	a °C/km	
Minho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	8,2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2015	1400	5,5	-4	125
Cávado	171	6,8	1	1491	1300	9,0	-6	125
Ave	426	7,2	0	1653	1500	7,8	-6	125
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130
Tâmega	320	6,7	0	1570	1600	7,8	-5	135
Douro	579	6,9	0	1764	1400	6,3	-4	135
Entre Douro e Vouga	298	6,9	1	1544	1400	8,4	-5	135
Baixo Vouga	50	6,3	2	1337	1100	9,5	-5	140
Baixo Mondego	67	6,3	0	1304	1000	9,7	-5	140

Tabela 05 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento.

	z	$\theta_{\text{ext},v}$		I_{sol}								
	REF m	REF °C	a °C/km	kWh/m ² acumulados de junho a setembro								
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Tâmega	320	21,4	-3	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350
Entre Douro e Vouga	298	20,6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360

$$X = X_{\text{REF}} + a (z - z_{\text{REF}}) \quad [\text{meses ou } ^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

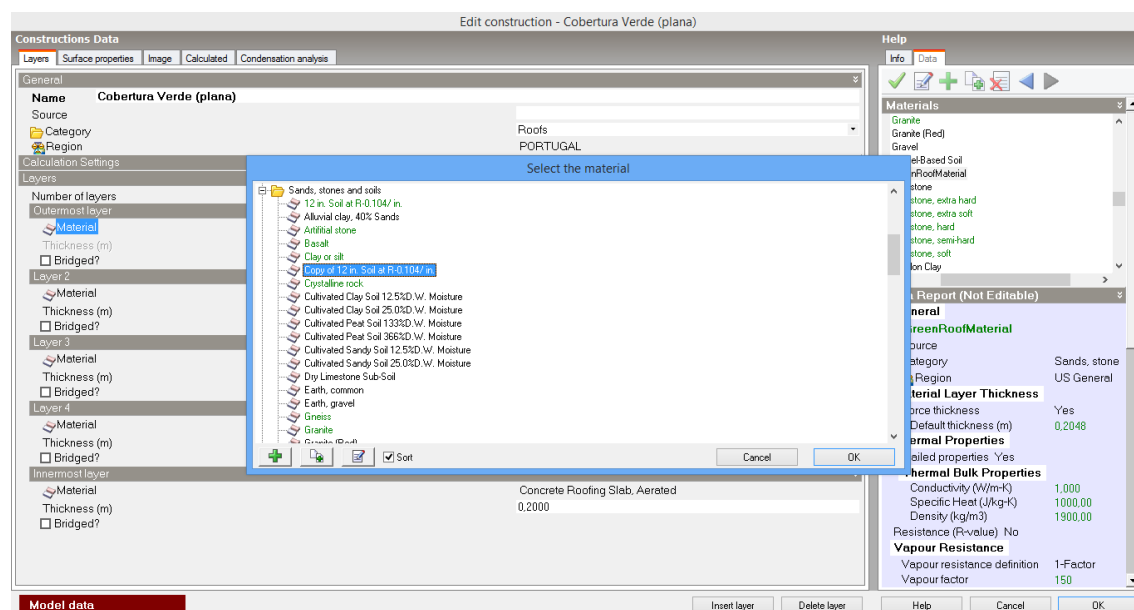
GD [°C]	1294,1
$\theta_{\text{ext},v}$ [°C]	20,7

Zona Inverno	I1
Zona Verão	V2

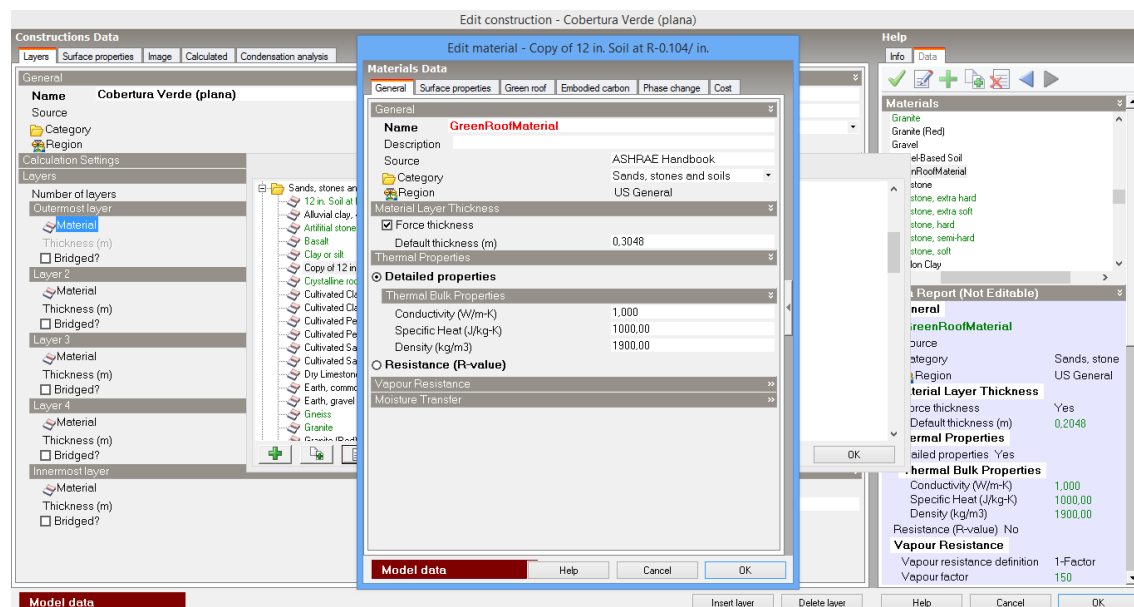
GD		$\theta_{\text{ext},v}$	
GD _{REF} [°C]	1337	$\theta_{\text{ext},v \text{ REF}}$ [°C]	20,6
a [°C/km]	1100	a [°C/km]	-2
a [°C/m]	1,1	a [°C/m]	-0,002
z [m]	11	z [m]	11
z _{REF} [m]	50	z _{REF} [m]	50

Anexo 2

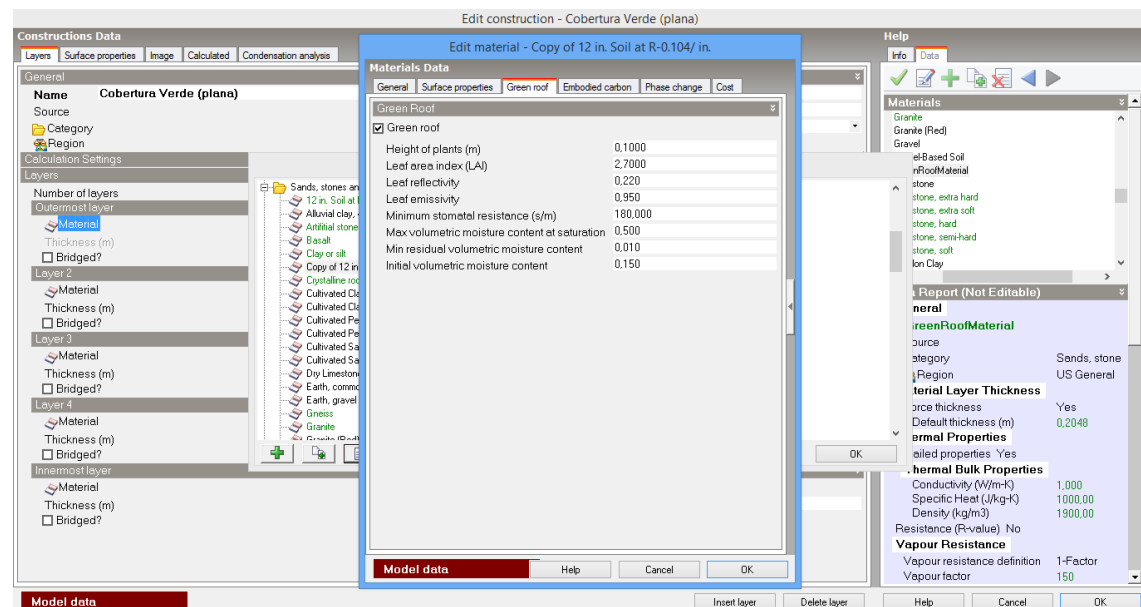
1º Passo: Copiar o material “12 in. Soil at R-0.104/in”.



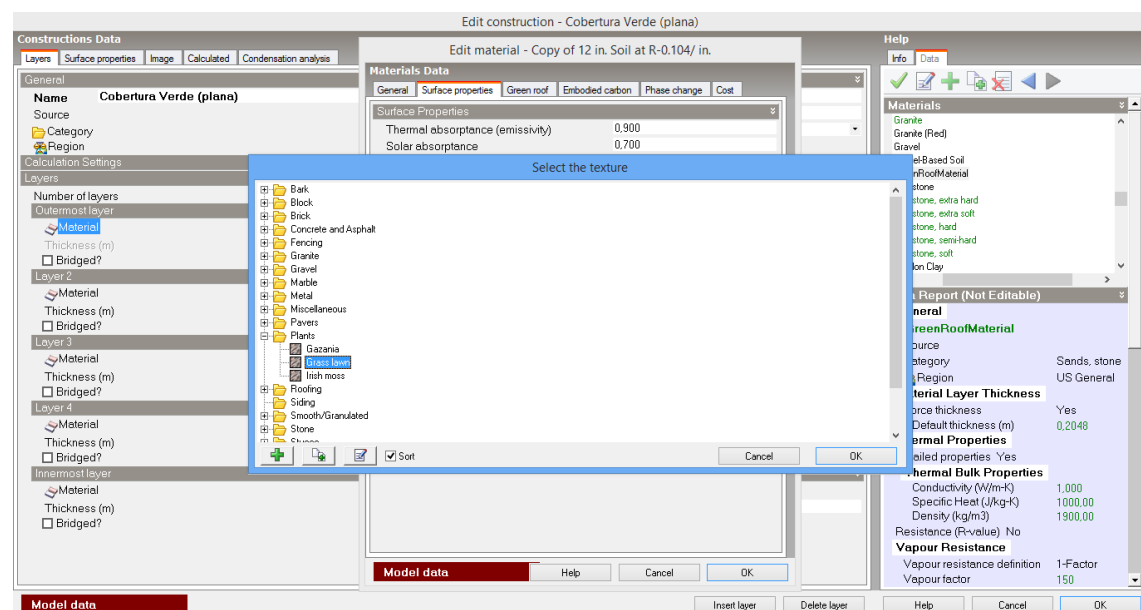
2º Passo: Editar a copia do material “12 in. Soil at R-0.104/in”, alterar o nome e as propriedades térmicas para Detailed properties.



3º Passo: Ir à aba Green roof e seleccionar Green roof.

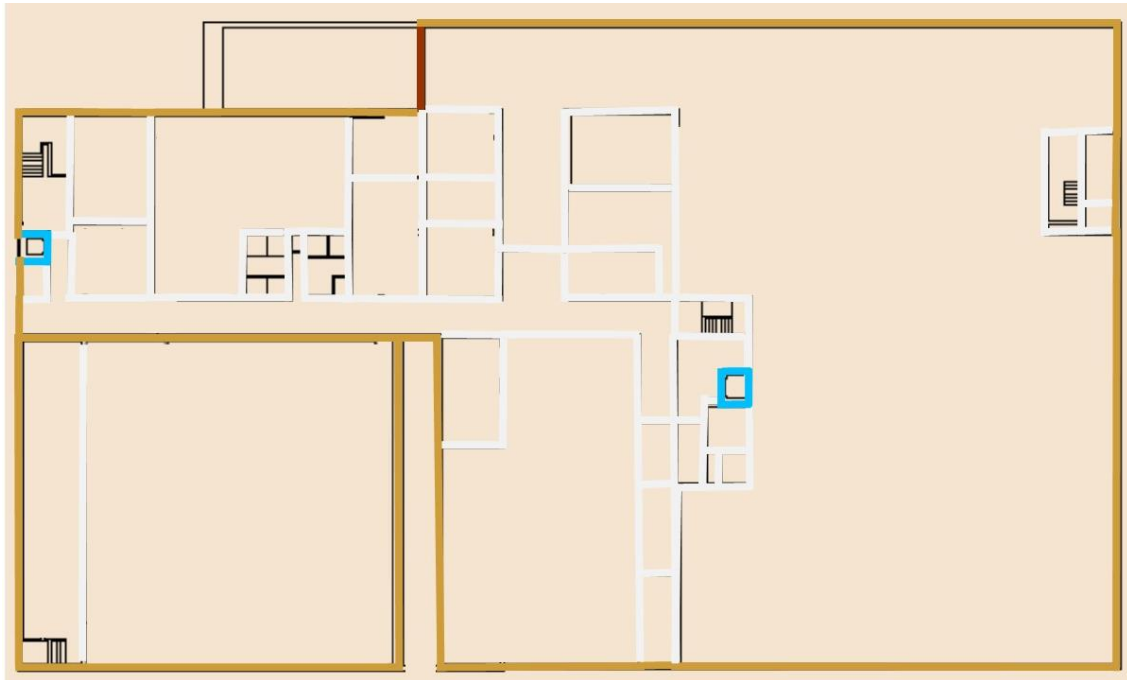


4º e último Passo: Ir à aba Surface properties e alterar a textura para Grass lawn (na pasta Plants).

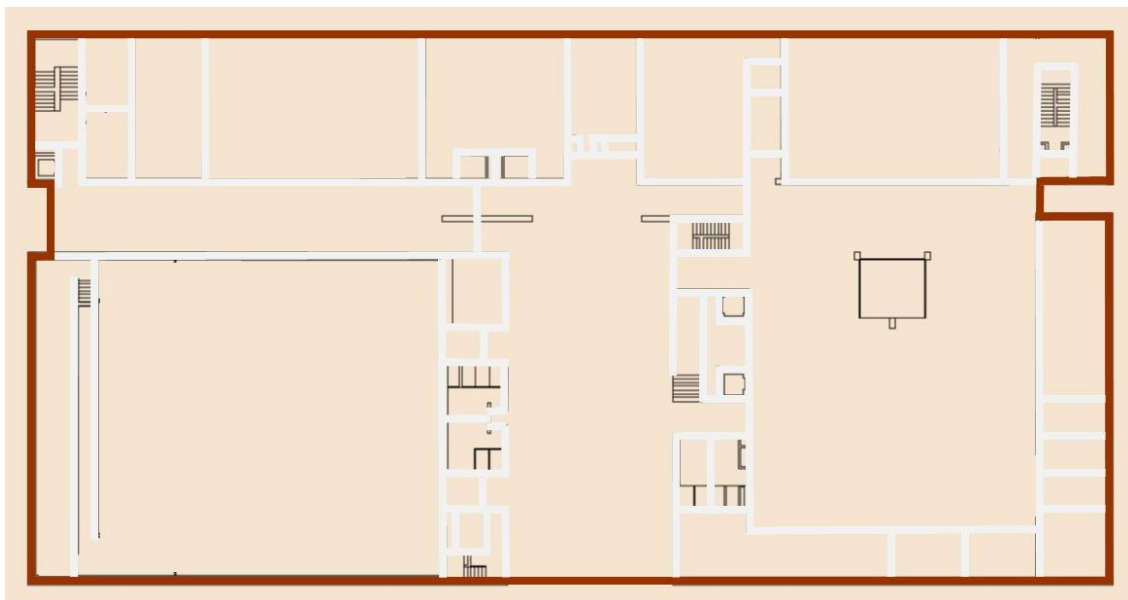


Anexo 3

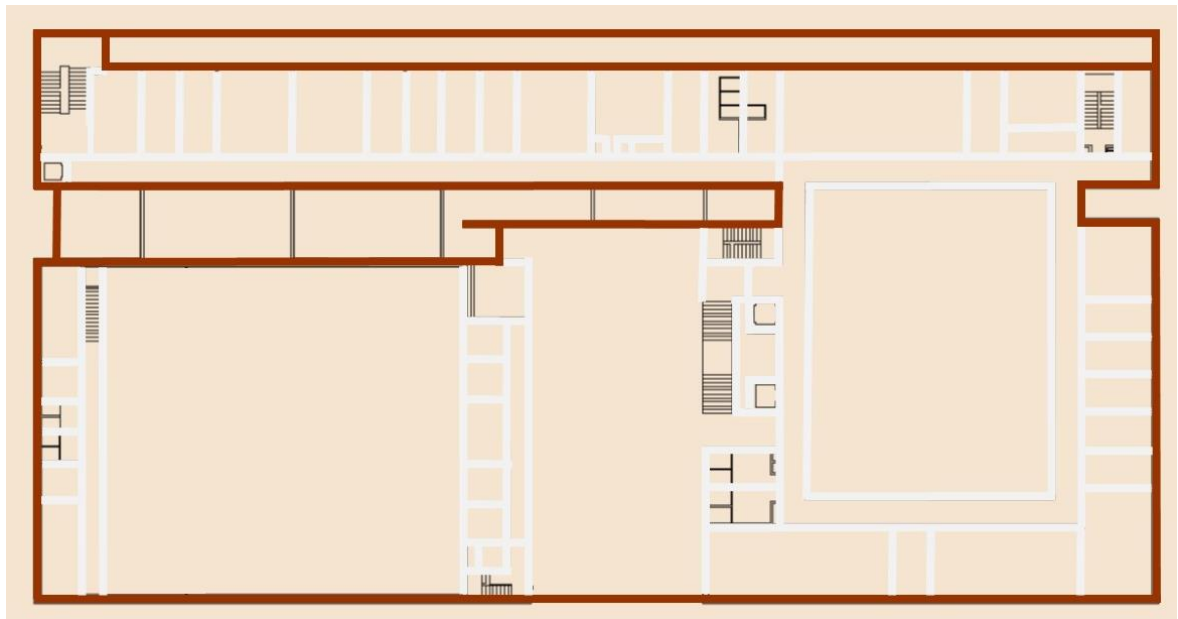
Marcação da envolvente no piso -1.



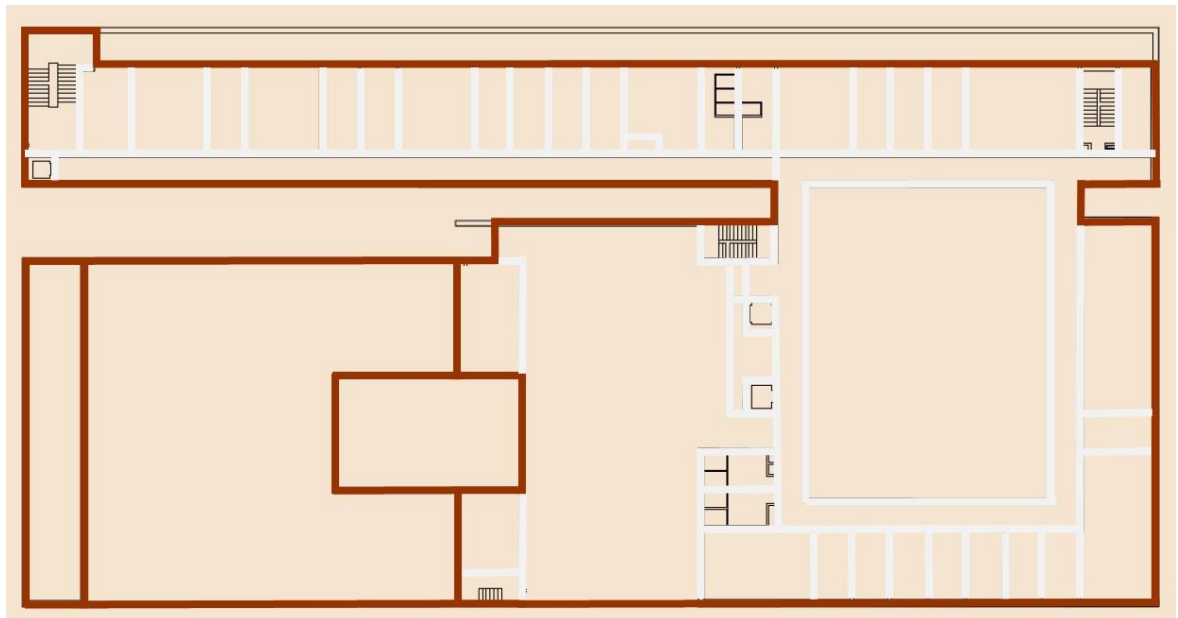
Marcação da envolvente no piso 0.



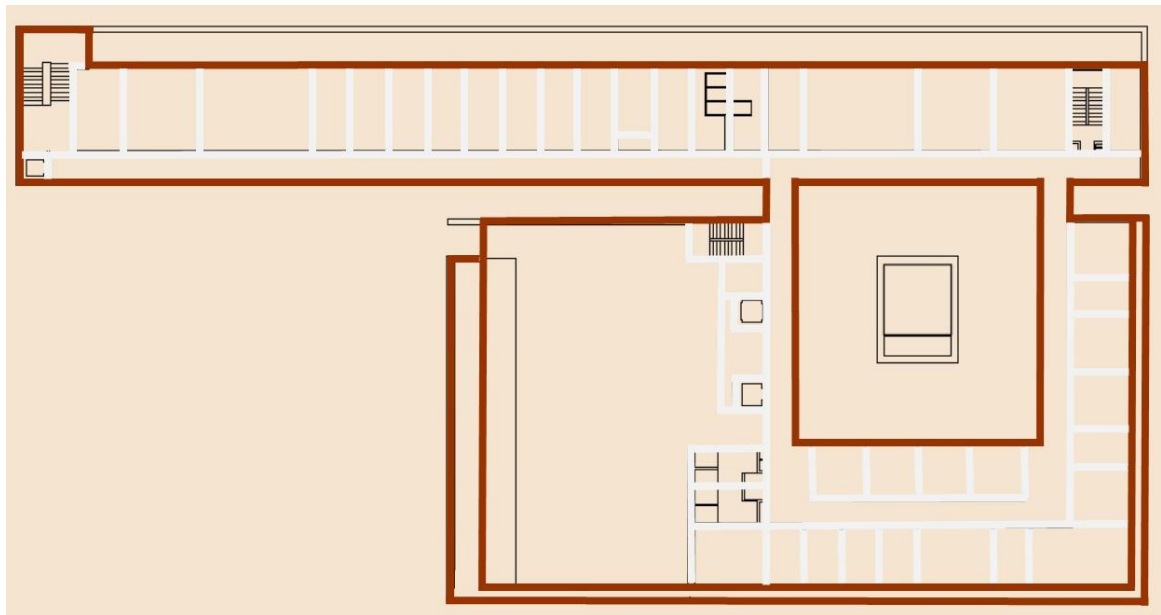
Marcação da envolvente no piso 1.



Marcação da envolvente no piso 2.



Marcação da envolvente no piso 3.



Anexo 4

**EDIFÍCIO CENTRAL DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO - REITORIA
PROJECTO DE EXECUÇÃO - MAPA DE VÃOS**

SERRALHARIAS EM ALUMÍNIO

TIPO:

ENVIDRAÇADOS

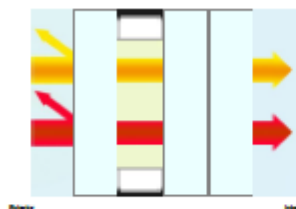
EV 7
EV 10

Funcionamento	Observações	Conjunto com folhas fixas
Materiais Principais	Aros e Caixilhos	Alumínio lacado tipo "Technal", série MC
	Estrutura	Incluem-se aros e pré-aros tipo "Technal" série MC
	Portadas	
	Almofadas/Folhas	
	Vidros	Vidro duplo constituído por face interior em vidro laminado de 6 mm e face exterior em vidro float de 6 mm, transparente
	Isolamento	
Acabamentos	Observações	
	Aros e Caixilhos	Lacagem à cor RAL 7024
	Estrutura	
	Portadas	
	Almofadas/Folhas	
Características Especiais	Isolam. Acústico	
	Isolam. Térmico	
	Pára-chamas/CF	
	Observações	Isolamento dos caixilhos a mastique nas periferias de pedra Isolamento das junta com perfis de PVC ou neoprene.
Ferragens e Acessórios	Dobradiças	
	Fechos	
	Puxadores	
	Fechaduras	
	Molas	
	Acessórios	Inclui todos os acessórios de fixação, montagem, manobra e estanquidade, recomendados pelo fabricante
Diversos	Proteção	
	Oclusão	
	Outras	

Notas:	(1) -
	(2) -
	(3) -
	(4) -
	(5) -

Anexo 5

Definição do vidro



	Primeiro vidro	Segundo vidro
Gás		Air 6,00mm
Capa		
Primeiro vidro	PLANICLEAR 6,00mm	PLANICLEAR 6,00mm
Capa		
Intercalar		PVS standard 0,38 mm
Capa		
Segundo vidro		PLANICLEAR 6,00mm
Capa		

Dimensões de fábrica

Espessura nominal : 24,4 mm
Peso : 46,4 kg/m²

Fatores luminosos (EN410-2011) : (D65 2°)

Transmitância : 80 %
Reflectância exterior : 16 %
Reflectância interior : 14 %

Fatores energéticos (EN410-2011) :

Transmitância : 64 %
Reflectância exterior : 13 %
Reflectância interior : 12 %
Absorção A1 : 8 %
Absorção A2 : 16 %

Fatores solares (EN410-2011) :

g : 0,74
Coeficiente de sombreamento : 0,86

Transmissão térmica (EN673-2011) - U' Em relação à posição vertical

Ug : 3,2 W/(m².K)



Isma Teles
Universidade de Aveiro
Arquiteta e Ordenamento do Território e Engenharia Mecânica
Aveiro/Portugal

Telefone :
Telefóvel :
Fax :
ismentel@ua.pt

Calumen II é um sistema de proteção de vidro com características técnicas, tendo sido os resultados de ensaios realizados em laboratório e aplicados a situações reais, visando garantir a performance dos produtos.

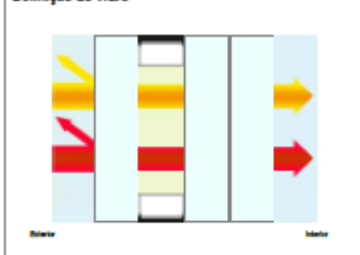
Os valores são calculados de acordo com as normas EN410-2011 e EN673-2011. As características técnicas de acordo com normas EN 1088-4 ou ISO 6800-2005. Cálculos e valores devem ser feitos a partir dos dados de produção, em particular das seguintes normas.

Para obter mais, é uma representação e verificação da composição de vidro real, para a qual se registou a regulamentação e o valor nacional, bem como regional.

As regras de aplicação e limites das medidas de Calumen II foram validadas pelo TUV Rheinland Quality (TUV quality - Rheinland 110255-11-02758).



Definição do vidro



	Primeiro vidro	Segundo vidro
Gás		Air 6,00mm
Capa		
Primeiro vidro	PLANICLEAR 6,00mm	PLANICLEAR 6,00mm
Capa		
Intercalar		PVB standard 0,38 mm
Capa		
Segundo vidro		PLANICLEAR 6,00mm
Capa		

Dimensões de fábrica

Espessura nominal : 24,4 mm
Peso : 46,4 kg/m²

Fatores luminosos (ISO 8050 m1.5-2003) : (D65 2°)

Transmitância : 80 %
Reflectância exterior : 16 %
Reflectância interior : 14 %

Fatores energéticos (ISO 8050 m1.5-2003) :

Transmitância : 66 %
Reflectância exterior : 13 %
Reflectância interior : 12 %
Absorção A1 : 8 %
Absorção A2 : 16 %

Fatores solares (ISO 8050 m1.5-2003) :

g : 0,75
Coeficiente de sombreamento : 0,88

Transmissão térmica (ISO 10292-1994) - 0° Em relação à posição vertical

Ug : 3,2 W/(m².K)



Inês Teixeira
Universidade de Aveiro
Arquiteta e Ordenamento do Território e Engenharia Médica
Aveiro/Portugal

Telefone :
Telemóvel :
Fax :
inestexteira@ua.pt

Calumen II é um sistema de simulação de cálculo das características do vidro (isto é, como o vidro se comporta) sob condições reais de utilização. Os valores são estimados a partir de dados e supostos e, portanto, não são garantidos de performance dos produtos.

Os valores são calculados de acordo com as normas EN10520:2011 e EN10521:2011. As características são definidas de acordo com normas EN 10520 e EN 10521:2011. Os valores são calculados de acordo com as normas EN 10520 e EN 10521:2011. Os valores são calculados de acordo com as normas EN 10520 e EN 10521:2011.

Para obter mais informações, consulte o site da Calumen II ou contacte a Calumen II pelo e-mail: info@calumen.pt ou pelo telefone: +351 253 600 000.



Anexo 6

FERROLI
Alcalde Martín Cobo, s/n
Polígono Industrial VILLAYUDA
00007 BURGOS
Tfno. 483250 - Fax: 485672

C9515S05
CE 0085
CE-0085AQ0776

Nº DE APROBACION
Nº IDENTIF. PRODUCTO
CALDERA TIPO
Nº FABRICACION
AÑO FABRICACION
PAIS DESTINO
COMBUSTIBLE
POTENCIA UTIL Kcal/h.
POTENCIA NOMINAL Kcal/h.
RENDIMIENTO %
TEMPERATURA MAX. °C
PRESION MAX. Kg/cm²
PRESION GAS mm.c.a.
CONSUMO MAX. GAS m³/h.
ALIMENTACION ELECTRICA
CONTRASEÑA HOMOLOGACION
FECHA HOMOLOGACION

PREXTHERM 250
27.912
1.994
ES
LIQUIDOS
215000
233920
91.9
100
5
230 V ~ 50 Hz. - IP 42
FAC - 3501/1
8-8-97

F

Mod. TECNO 28-G
50 Hz IP44
0.37 kW
800 Y6 DZZZ R.R.L.
H2M 38/P
H2L 38/P
H2E 38/P
H2F 38/P
H2G 38/P
H2H 38/P
H2I 38/P
H2J 38/P
H2K 38/P
H2L 38/P
H2M 38/P
H2N 38/P
H2O 38/P
H2P 38/P
H2Q 38/P
H2R 38/P
H2S 38/P
H2T 38/P
H2U 38/P
H2V 38/P
H2W 38/P
H2X 38/P
H2Y 38/P
H2Z 38/P

XX GAS FAM.2 14+200 mbar 95+326 kW
XX GAS FAM.3 16+200 mbar 95+326 kW
Dim. 476x474x796 mm
Pe. 38 Kg
Emi.Son. 88 dBA
Cod. 3783283
CE-0085AP0733
N° 200001850
CE

Anexo 7

AA23H0E0600AD4633533


Haier®

MODEL : AS122AMBAA
(HSU-12HN03/R1)

Split type room air conditioner, indoor unit

Power supply 1PH,220-230V-50Hz

Air volume 500m³/h

Anti-electric shock Class 1

Net weight 7.6kg

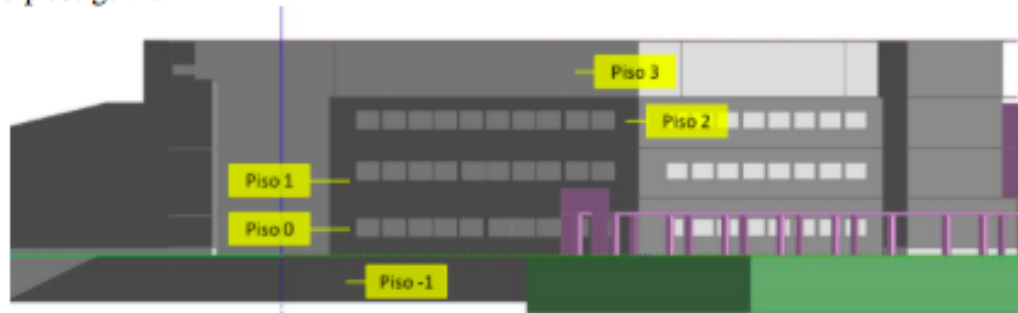
Manufacture date 0406

0010545023

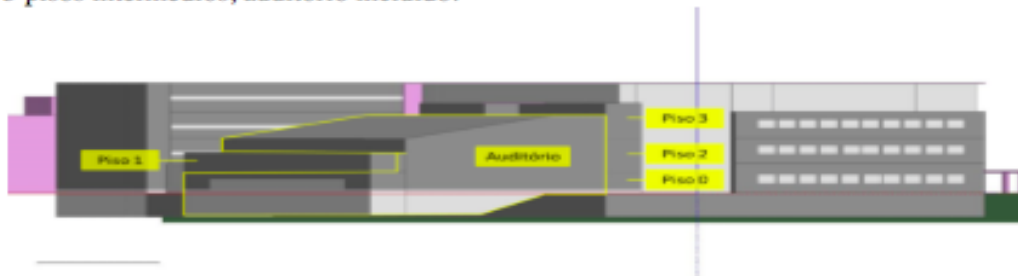
Item	Mode	Item	Mode
Cooling capacity	3600W	Heating capacity	4100W
Working condition indoor	D.B./W.B. 27℃/19℃	Working condition indoor	D.B./W.B. 20℃/15℃
(cooling) outdoor	D.B./W.B. 35℃/24℃	(heating) outdoor	D.B./W.B. 7℃/6℃
Power input	1440W	Power input	1360W
Current	6.5A	Current	6.3A
Working condition indoor	D.B./W.B. 32℃/23℃	Working condition indoor	D.B./W.B. 27℃/-
(rated cooling) outdoor	D.B./W.B. 43℃/26℃	(rated heating) outdoor	D.B./W.B. 24℃/18℃
Rated power input	1720W	Rated power input	1800W
Rated current	8.3A	Rated current	9.0A

Anexo 8

5 pisos gerais.



5 pisos intermédios, auditório incluído.



Anexo 9

Período de encerramento dos Serviços de Gestão Académica durante o Inverno.

De: [Serviços de Gestão Académica](#)

Enviada: quinta-feira, 4 de dezembro de 2014 10:15

Para: ALUNOS-LIST@ua.pt

Caros Estudantes!

Vimos pelo presente informar que, nos termos da Deliberação N.º 2 - OGEST/2014, de 13 de Janeiro, do Conselho de Gestão da Universidade de Aveiro, através da qual se aprovou a concessão de tolerâncias de ponto e o encerramento das instalações da Universidade de Aveiro no período a seguir mencionado, os Serviços de Gestão Académica estarão encerrados ao público de 26 Dezembro de 2014 a 02 de Janeiro de 2015, retomando o seu normal funcionamento a partir do próximo dia 5 de Janeiro de 2015, inclusive.

Com os melhores cumprimentos

Serviços de Gestão Académica

Período de encerramento das instalações da UA durante o Inverno.

Campus

Apenas restaurante da Universidade e cantina de Santiago abertas a 22 e 23 de dezembro

UA encerra a partir de 24 de dezembro, reabre a 5 de janeiro e deseja Boas Festas

19.12.2014



As instalações da Universidade de Aveiro encerram no período entre o Natal e o fim de ano, à semelhança do que tem acontecido nos anos mais recentes, sem prejuízo da manutenção de alguns serviços centrais, nomeadamente os relacionados com a área financeira. Assim, a UA reabre a

dia 5 de janeiro.

Para além do encerramento das instalações nos dias 29, 30 e 31 de dezembro, o Conselho de Gestão da UA decidiu ainda, na Deliberação nº 2 CGEST/2014, de 13 de janeiro de 2014, pela tolerância de ponto nos dias 26 e 2 de janeiro, autorizando-se o encerramento das Unidades Orgânicas e Serviços nesses dias e salvaguardada a prestação dos serviços considerados imprescindíveis.

Também os Serviços de Ação Social da UA e as várias unidades de alimentação encerram neste período, de 23 de dezembro a 5 de janeiro. Nos dias 22 e 23 de dezembro funcionam apenas o restaurante da Universidade e o refeitório de Santiago. O Centro de Saúde Universitário encerra a partir de dia 22 de dezembro.

Durante o período de encerramento, para questões de segurança podem ser usados os contactos habituais: 234370945; 919727747; e a extensão 22244.

A Universidade de Aveiro deseja a toda a comunidade um feliz período festivo.

Período de encerramento das instalações da UA durante o Verão.

De: [Secretaria do DEM](#)
Enviada: sexta-feira, 1 de agosto de 2014 13:23
Para: [DEM-ALUNOS-LIST@ua.pt](#)
Cc: [catia@ua.pt](#), [cmarques@ua.pt](#), [marisa@ua.pt](#)

Caros Alunos,

Vimos por este meio lembrar-vos que UA encerra no período de 4 a 14 de Agosto de 2014 e que portanto os serviços administrativos do Departamento de Engenharia Mecânica estarão encerrados no mesmo período.

Aproveitamos para vos desejar umas boas férias,

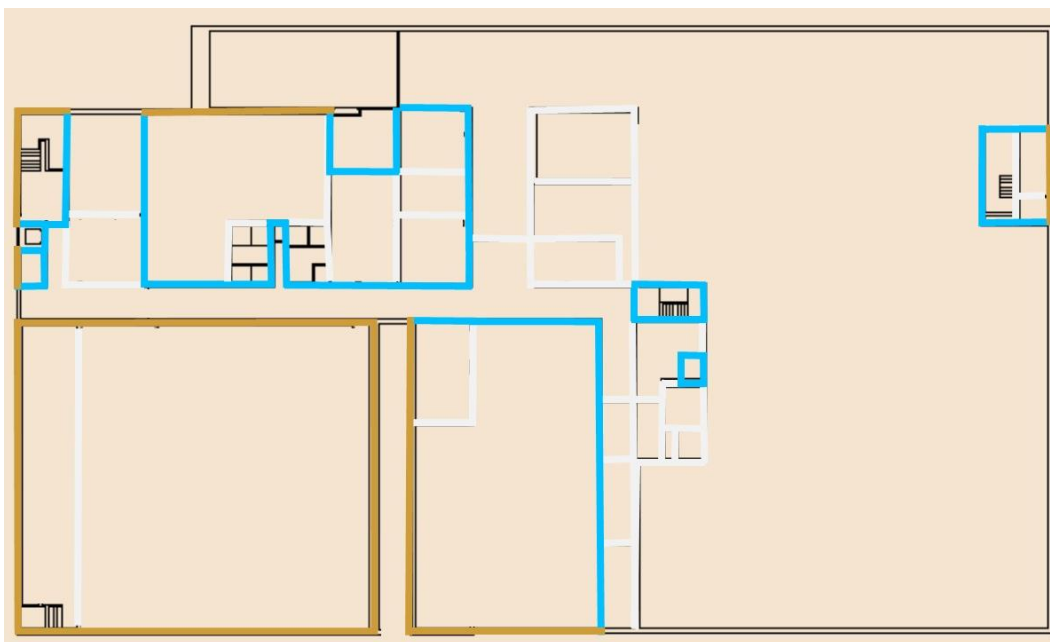
Secretaria Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade de Aveiro

<https://dub128.mail.live.com/mail.mvc/PrintMessages?mid=pt-pt>

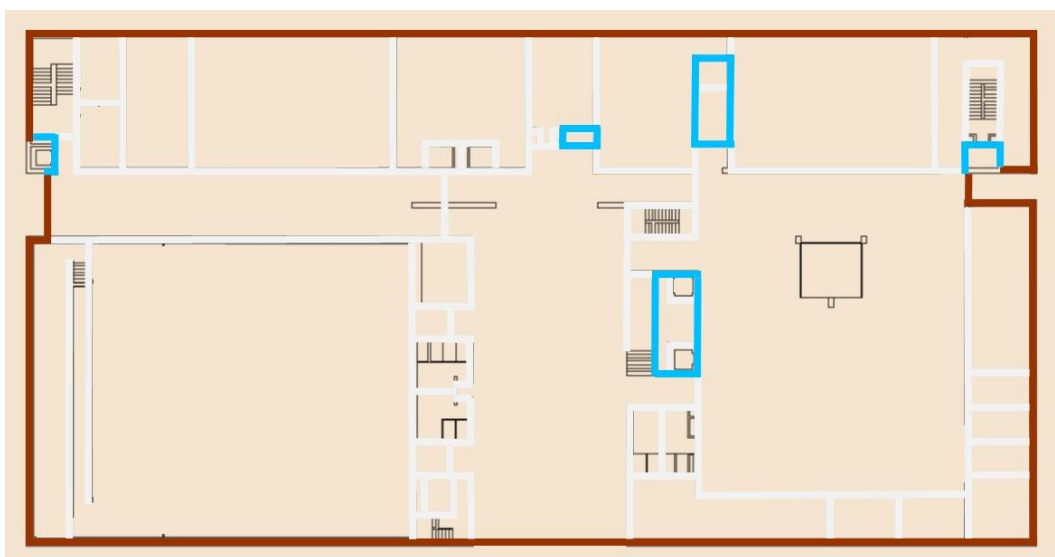
1/1

Anexo 10

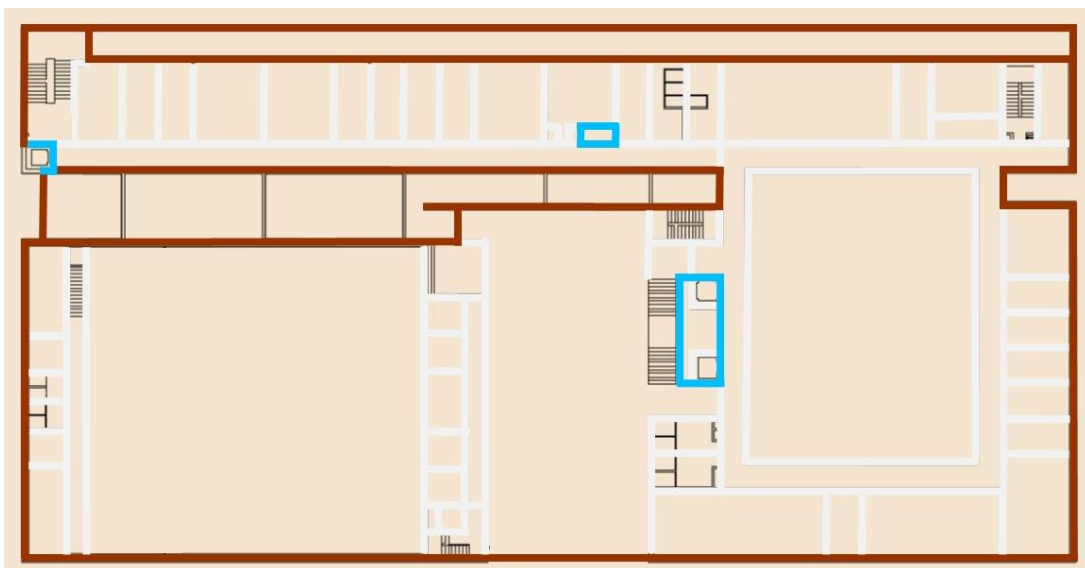
Revisão da marcação da envolvente no piso -1.



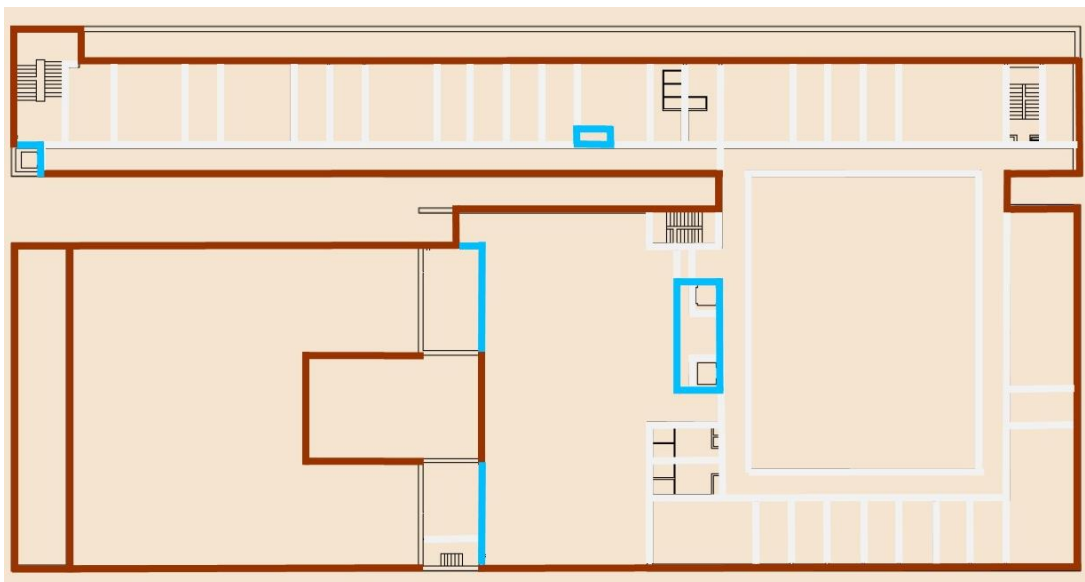
Revisão da marcação da envolvente no piso 0.



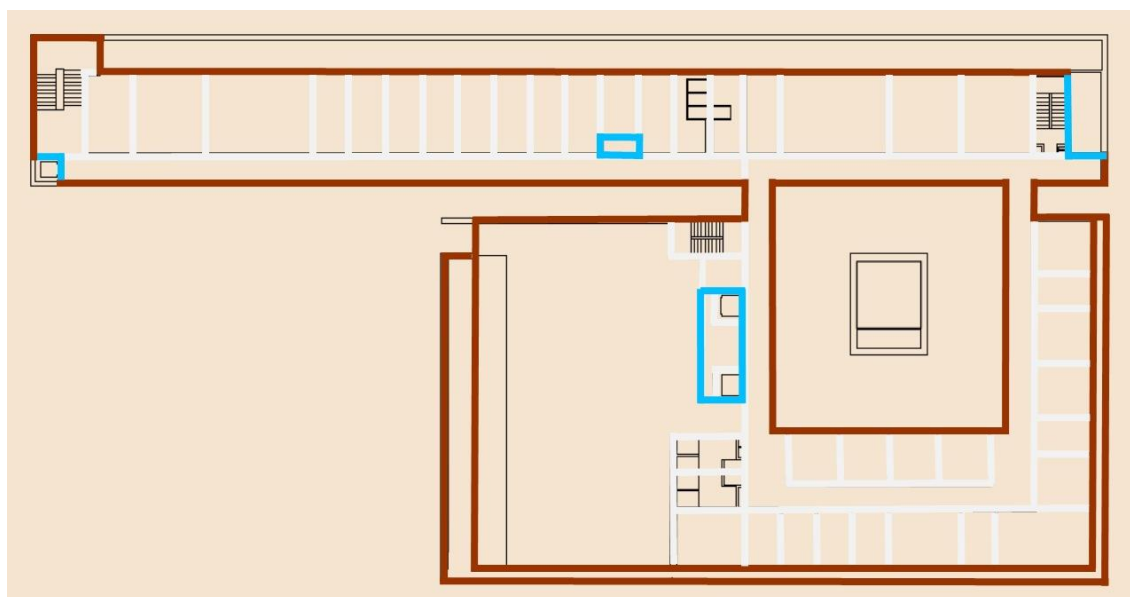
Revisão da marcação da envolvente no piso 1.



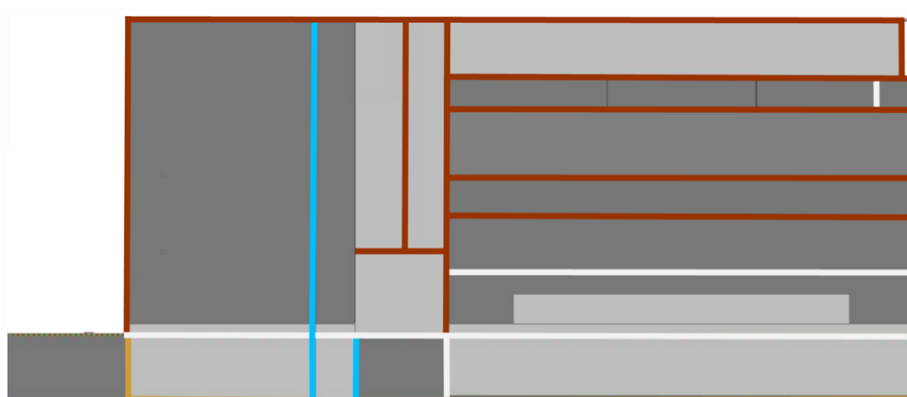
Revisão da marcação da envolvente no piso 2.



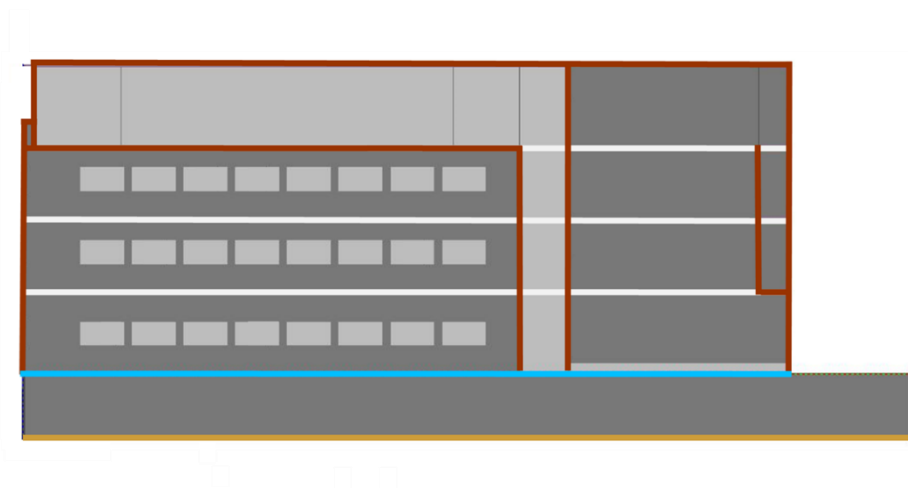
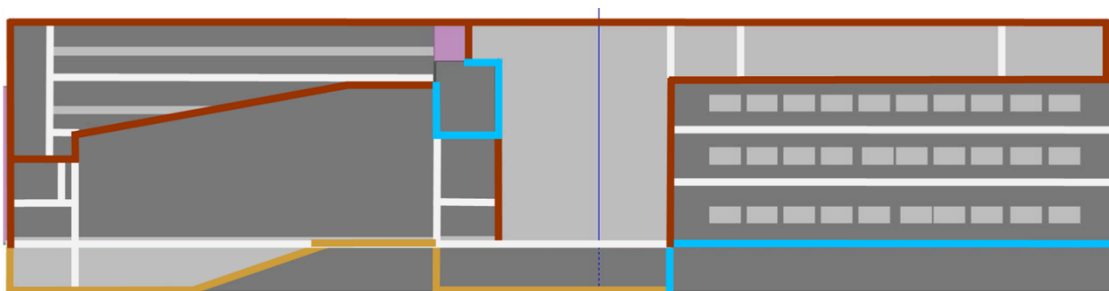
Revisão da marcação da envolvente no piso 3.



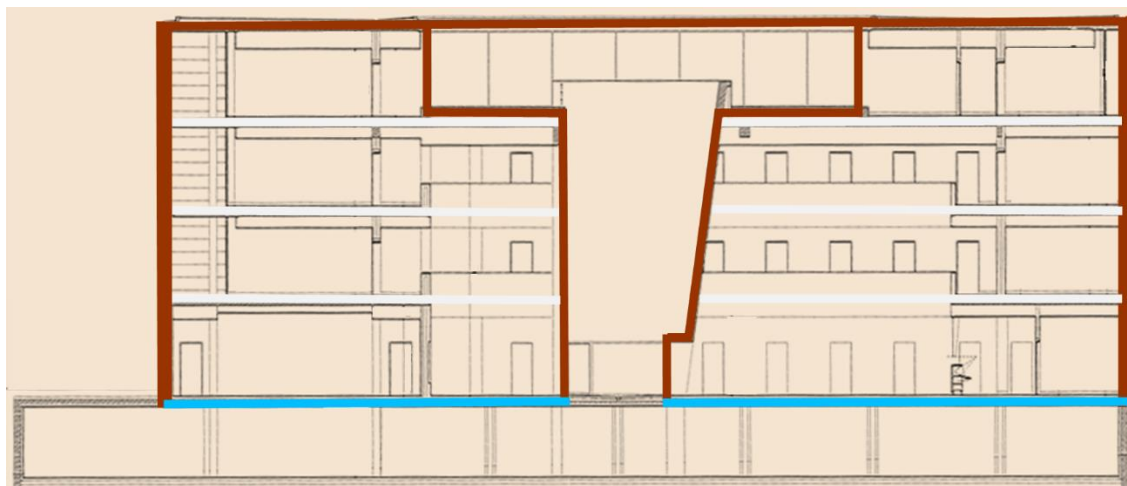
Revisão da marcação da envolvente nos alçados SE e NE, respetivamente em cima e em baixo.



Revisão da marcação da envolvente nos alçados NO e SO, respetivamente em cima e em baixo.



Revisão da marcação da envolvente no corte do alçado NE.



Anexo 11

Identificação	Consumos 2007 (m3)												Consumos 2008 (m3)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Complexo pedagógico	68	71	40	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	3.69 6	s/ leitu ra	416	1.74 3	0	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Matemática	1.39 3	1.94 9	596	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	2.90 6	s/ leitu ra	13.5 30	963	0	0	0	1	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
CEFASI	1.73 2	1.77 9	509	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	2.18 5	s/ leitu ra	1.21 2	859	304	0	0	213	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Mecânica	1.20 5	1.17 3	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	1.57 5	s/ leitu ra	752	860	1.12 3	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Geociências	1.63 0	1.07 8	12	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra		1.76 6	4.03 5	s/ leitu ra	2.09 5	1.41 7	0	7	10	4	5	9	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
DeCA	2.86 7	4.51 1	72	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	4.52 3	s/ leitu ra	0	0	0	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Química	1.94 1	601	2.53 6	445	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra		1.39 5	2.52 8	s/ leitu ra	2.11 6	1.46 7	1.03 3	s/ leitu ra	1.06 0	458	442	476	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra

Física	2.34 8	2.46 6	1.16 5	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	3.75 9	s/ leitu ra	1.58 8	890	730	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Gestão Industrial	s/ leitu ra	187	41	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	307	s/ leitu ra	0	0	0	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
REITORIA	4.32 1	2.94 8	1.00 2	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	3.75 3	2.63 9	s/ leitu ra	2.91 7	1.07 4	932	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Biblioteca	2.33 8	3.11 2	759	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	3.68 7	s/ leitu ra	2.04 5	1.41 4	96	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Ambiente	2.67 6	3.05 6	335	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	1.64 6	s/ leitu ra	396	3	0	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Biologia	1.72 7	1.29 7	436	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	2.17 5	s/ leitu ra	1.35 7	806	0	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Ampliação(Biologia)	725	248	173	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	767	s/ leitu ra	354	137	139	100	103	93	82	93	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Cerâmica	2.61 7	1.41 5	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	1.36 2	s/ leitu ra	1.34 9	1.00 4	0	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra

Inst. Telecomunicações	299	100	14	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	444	s/leitura	0	0	0	0	0	0	0	0	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura
Pavilhão Aristides Hall	s/leitura	s/leitura	331	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	361	735	358	s/leitura	n.d.	400	712	383	382	408	329	352	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura
Self. Service	976	1.426	1.185	1.482	1.265	s/leitura	s/leitura	s/leitura	1.017	970	1.399	s/leitura	1.641	927	1.343	1.277	1.276	1.302	999	1.236	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura
Lavandaria	513	642	515	656	547	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	461	s/leitura	721	338	532	577	577	681	312	367	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura
Residência Estudantes I	1.693	0	0	0	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	
Residência Estudantes II	18.146	0	0	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	
Zona Técnica Central I	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura	0	0	0	0	0	0	0	0	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura
Zona Técnica Central II	3.496	3.502	2.663	3.099	2.885	s/leitura	s/leitura	n.d.	3.449	s/leitura	3.195	s/leitura	3.399	2.011	2.858	2.531	2.531	2.108	310	1.583	s/leitura	s/leitura	s/leitura	s/leitura

Eng. Civil	3.83 9	2.91 5	192	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	2.83 1	s/ leitu ra	2.89 3	1.91 2	1.97 6	0	0	0	0	0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra
Cantina ZTC	1.01 8	1.06 1	618	816	780	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	3.59 4	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	
Residencia Docentes	1.69 6	1.27 9	1.46 0	1.04 4	870	819	858	783	Erro	41.4 27	1.41 0	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	s/ leitu ra	

Identificação	Consumos - 2007 (kWh)												Consumos - 2008 (kWh)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
(1) PT-PAV_I	48.6 45	34.6 90	32.4 97	23.2 50	16.7 48	19.9 64	17.0 68	16.4 34	20.8 90	28.9 55	35.2 41	59.5 29	28.1 83	33.3 14	24.2 60	24.4 59	20.9 21	19.5 72	17.3 29	11.4 32	20.0 51	0	0	0
Residência de Docentes	3.48 6	2.87 3	2.54 1	2.68 2	2.23 3	2.26 9	2.11 1	2.19 1	2.30 9	2.77 5	2.64 0	3.98 5	2.27 5	2.58 8	2.20 1	2.13 9	2.60 0	1.85 1	2.04 5	1.73 8	2.17 8			
Iluminação Pública / Garagem	2.83 9	2.01 7	2.33 6	1.82 8	1.37 1	1.54 5	1.45 7	1.90 3	1.80 1	2.58 0	2.11 1	3.77 4	1.97 9	2.30 2	1.96 0	1.87 4	1.40 0	1.83 1	1.67 4	1.29 4	1.85 7			
Edifício II	13.9 10	11.2 40	9.96 0	7.12 0	644	4.91 0	4.07 0	3.89 0	4.72 0	9.05 0	11.7 40	18.6 40	8.43 0	10.6 80	7.58 0	7.60 0	6.20 0	6.09 0	4.11 0	2.56 0	6.18 0			
Edifício III	25.6 90	17.0 10	16.8 20	10.7 30	11.9 50	10.6 10	8.79 0	7.78 0	11.5 50	13.8 90	18.0 30	31.3 30	14.7 80	17.2 10	12.0 30	12.3 00	10.2 00	9.26 0	9.01 0	5.33 0	9.33 6			

Residência Rua da Pega	2.65 0	1.49 0	840	890	550	630	640	670	510	660	720	1.80 0	719	534	489	546	521	540	490	510	500			
Antigo bar Associação	70	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0			
(2) PT-DCV	112. 510	103. 450	110. 220	113. 360	106. 980	128. 260	87.9 60	92.1 10	83.8 70	81.7 50	61.7 00	109. 350	80.2 49	90.7 58	89.9 45	88.8 23	90.1 79	85.9 10	74.9 64	95.5 80	98.6 50	0	0	0
Dep. Cerâmica I	42.2 00	36.5 00	36.5 00	39.7 00	32.9 00	33.2 00	23.6 00	21.7 00	16.8 00	22.9 00	24.8 00	38.9 00	21.5 80	27.0 40	21.4 40	24.1 10	29.0 30	20.1 00	21.3 00	26.9 00	25.4 00			
Dep. Cerâmica II	3.50 0	3.90 0	3.20 0	3.30 0	2.80 0	2.30 0	2.90 0	1.30 0	1.80 0	2.30 0	2.40 0	4.60 0	3.65 0	4.20 0	3.30 0	3.50 0	2.50 0	2.40 0	1.20 0	800	2.45 0			
Dep. Biologia	47.0 00	47.0 00	52.9 00	51.0 00	51.0 00	70.0 00	45.0 00	55.0 00	52.0 00	46.0 00	24.8 00	52.0 00	47.0 99	50.0 18	57.8 04	51.3 12	50.8 46	56.3 50	44.2 00	54.0 00	63.0 00			
IT	19.8 10	16.0 50	17.6 20	19.3 60	20.2 80	22.7 60	16.4 60	14.1 10	13.2 70	10.5 50	9.70 0	13.8 50	7.92 0	9.50 0	7.40 1	9.90 1	7.80 3	7.06 0	8.26 4	13.8 80	7.80 0			
(3) PT-DET	58.7 00	49.1 00	47.8 60	48.6 00	34.9 20	48.5 10	37.0 00	40.7 50	41.9 60	51.1 90	48.8 70	77.5 00	41.5 65	51.4 58	38.0 34	48.0 30	48.2 32	42.9 30	50.2 90	35.6 60	47.2 90	0	0	0
Dep. Electr. Telecomunic.	25.0 20	21.0 50	21.5 40	21.8 50	21.5 00	21.2 90	15.6 80	15.0 50	14.9 90	21.5 40	22.7 80	34.8 70	19.1 61	22.6 41	16.7 93	20.9 17	20.9 30	19.0 70	20.6 60	15.2 00	21.1 80			
Dep. Amb. e Ord.	10.8 30	9.48 0	8.50 0	7.91 0	7.99 0	7.76 0	5.53 0	5.03 0	6.79 0	8.84 0	8.57 0	14.7 10	7.11 1	9.38 0	5.79 6	7.92 5	7.37 7	6.82 0	7.23 0	4.29 0	7.15 0			

Dep. Amb. Ord. / Poluição	6.65 0	5.37 0	5.22 0	5.64 0	5.43 0	5.06 0	3.79 0	5.67 0	4.58 0	5.21 0	4.32 0	8.12 0	4.49 3	6.71 7	5.36 5	6.10 8	4.80 5	5.04 0	5.60 0	3.57 0	3.96 0			
IEETA	16.2 00	13.2 00	12.6 00	13.2 00		14.4 00	12.0 00	15.0 00	15.6 00	15.6 00	13.2 00	19.8 00	10.8 00	12.7 20	10.0 80	13.0 80	15.1 20	12.0 00	16.8 00	12.6 00	15.0 00			
(4) PT-CIFOP	59.9 15	45.7 55	33.5 35	22.8 80	20.9 65	20.5 75	15.1 30	14.9 35	19.8 10	21.0 70	35.8 30	68.6 55	34.4 40	34.9 30	22.1 25	25.1 05	18.0 20	15.1 00	18.5 50	13.8 50	18.7 00	0	0	0
CIFOP	54.9 05	41.8 15	29.6 15	19.3 40	17.4 25	17.1 15	12.6 30	12.5 35	16.9 70	17.4 70	32.0 70	62.8 85	31.2 71	31.2 92	19.4 79	21.4 41	14.0 53	12.7 00	15.7 40	11.5 10	15.5 10			
Dep. Ciências da Educação	5.01 0	3.94 0	3.92 0	3.54 0	3.54 0	3.46 0	2.50 0	2.40 0	2.84 0	3.60 0	3.76 0	5.77 0	3.16 9	3.63 8	2.64 6	3.66 4	3.96 7	2.40 0	2.81 0	2.34 0	3.19 0			
(5) PT-ZTC	214. 510	173. 980	174. 550	165. 920	159. 730	158. 040	137. 580	112. 460	136. 140	192. 350	153. 190	252. 180	137. 030	171. 940	123. 230	166. 850	157. 030	163. 439	163. 870	112. 920	153. 170	0	0	0
Serviços de Acção Social	139. 137	112. 779	113. 677	108. 686	106. 532	105. 813	92.4 90	70.9 83	92.0 46	132. 711	91.1 09	161. 702	90.6 96	112. 211	80.2 23	108. 449	103. 111	112. 481	113. 668	75.6 20	103. 439			
Centro de Cálculo	6.32 0	4.60 0	4.16 0	4.36 0	4.32 0	4.84 0	4.92 0	4.96 0	4.96 0	5.80 0	5.20 0	9.36 0	5.36 0	6.24 0	4.68 0	6.48 0	6.09 2	5.54 8	6.48 0	4.44 0	5.12 0			
Oficinas / Salas Aulas	18.6 55	13.8 96	11.1 87	9.58 1	8.10 4	7.25 6	6.29 9	6.73 2	7.44 1	7.74 3	10.2 66	16.5 90	6.46 5	8.37 0	6.17 0	9.24 6	8.41 6	7.76 8	7.23 8	6.13 3	6.80 8			
Departamento de Matemática	18.8 23	15.9 41	17.1 32	16.8 39	15.4 11	13.5 25	11.3 17	8.95 5	11.1 00	16.7 64	16.4 57	21.2 82	11.2 04	15.1 29	10.4 33	14.2 95	13.6 13	12.5 66	12.2 10	6.76 4	13.1 08			

CEFASI	15.2 48	13.3 24	14.8 20	13.6 36	13.3 65	11.9 85	10.7 06	8.13 3	9.49 3	15.8 26	16.3 37	21.3 91	11.5 36	16.5 36	12.1 30	15.7 46	13.8 74	12.8 18	12.8 31	8.80 6	13.7 74			
Ilum. Exterior (Rua B)	5.31 8	4.05 4	4.06 1	3.88 5	3.14 5	2.99 6	3.03 8	3.97 7	4.03 0	5.39 6	5.96 1	9.68 5	5.00 9	5.37 4	3.89 4	5.19 4	4.24 4	3.91 8	4.47 3	5.37 7	3.85 1			
Biblioteca	10.9 90	9.36 0	9.50 0	8.93 0	8.85 0	11.6 10	8.81 0	8.72 0	7.07 0	8.11 0	7.86 0	12.1 70	6.76 0	8.08 0	5.70 0	7.44 0	7.68 0	8.34 0	6.97 0	5.78 0	7.07 0			
Obra Parque Biblioteca	19	26	13	3	3	15	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0			
(6) PT-DEGEI	64.8 00	54.1 40	63.3 80	63.1 50	55.7 40	56.7 30	45.4 50	45.0 20	45.3 70	60.2 30	55.1 00	84.8 20	49.3 03	72.8 61	35.0 93	74.0 97	49.0 55	49.8 00	50.0 00	40.1 90	75.8 80	0	0	0
Dep. Econ. Gest. Engª Ind.	13.2 00	11.7 40	12.3 80	11.1 50	11.2 40	9.03 0	7.75 0	7.02 0	8.67 0	13.8 30	13.9 00	18.4 20	10.1 03	16.7 31	7.73 3	15.2 47	7.00 5	12.8 00	9.50 0	7.69 0	10.8 80			
Departamento de Física	51.6 00	42.4 00	51.0 00	52.0 00	44.5 00	47.7 00	37.7 00	38.0 00	36.7 00	46.4 00	41.2 00	66.4 00	39.2 00	56.1 30	27.3 60	58.8 50	42.0 50	37.0 00	40.5 00	32.5 00	65.0 00			
(7) PT-DQ (monobloco)	91.8 50	75.1 50	87.9 00	89.2 50	88.4 00	89.5 00	80.6 50	82.0 50	82.7 50	57.8 00	66.6 50	346. 300	55.5 75	84.0 50	54.1 20	87.7 50	66.6 50	63.0 00	80.1 50	63.1 00	73.2 00	0	0	0
Departamento de Química	60.7 61	53.6 28	61.5 17	64.4 38	64.0 37	62.5 90	58.4 85	57.7 14	58.4 40	24.9 38	36.1 68	300. 929	50.9 37	76.8 01	48.7 45	79.9 48	61.9 51	58.7 00	75.9 00	60.4 43	68.1 76			
Pav. Aristides Hall	5.75 0	4.48 0	5.32 0	3.52 0	4.36 0	2.95 0	1.81 0	1.31 0	3.83 0	4.04 0	5.39 0	8.08 0	4.15 4	6.23 5	4.92 8	7.26 3	3.87 5	3.50 0	2.87 0	1.49 0	4.30 0			

Pista de Atletismo / Rega	24.0 00	16.8 00	20.4 00	20.4 00	19.2 00	22.8 00	19.2 00	21.6 00	19.2 00	27.6 00	24.0 00	36.0 00	484	1.01 4	447	539	824	800	1.38 0	1.16 7	724			
	1.32 0	232	615	889	803	1.15 1	1.15 4	1.42 6	1.28 0	1.22 2	1.09 2	1.29 1												
	19	10	48	3		9	1	0	0	0	0													
(8) PT-DeCA	50.3 00	42.5 00	44.2 00	42.6 00	39.9 00	30.3 00	29.8 00	28.3 00	37.6 00	56.9 00	57.1 00	78.4 00	50.4 00	51.2 00	36.8 00	54.1 00	55.5 50	47.2 50	54.0 00	48.0 00	52.1 00	0	0	0
Lab. Central de Análises	47.5 00	38.4 50	38.6 50	33.4 00	32.0 50	22.2 50	24.1 50	17.8 50	17.7 50	25.3 50	32.4 50	39.8 00	29.1 20	25.8 30	17.8 50	25.8 50	27.7 88	14.9 62	23.7 50	24.7 00	16.7 50			
Dep. Comunicação e Arte	2.80 0	4.05 0	5.55 0	9.20 0	7.85 0	8.05 0	5.65 0	10.4 50	19.8 50	31.5 50	24.6 50	38.6 00	3.04 0	3.89 0	5.87 0	8.45 0	8.56 2	8.88 8	7.45 0	5.30 0	6.55 0			
Dep. Geociências													18.2 40	21.4 80	13.0 80	19.8 00	19.2 00	23.4 00	22.8 00	18.0 00	28.8 00			
(9) PT-Residências	69.0 22	48.8 25	50.6 61	48.5 88	48.1 50	43.3 77	34.4 34	20.9 55	28.9 98	48.4 80	48.4 59	72.4 92	39.4 27	49.3 39	31.0 71	48.0 16	45.5 81	38.8 73	37.7 84	23.6 16	33.7 65	0	0	0
Resid. / Lavandaria / Snack	62.2 92	48.3 48	42.1 69	45.9 88	45.6 30	40.8 07	32.2 14	19.6 65	26.6 58	45.7 70	44.5 59	64.7 52	39.0 66	48.9 96	30.8 70	47.7 39	45.3 42	38.6 25	37.5 15	23.5 05	33.5 58			
CIAQ	6.73 0	477	8.49 2	2.60 0	2.52 0	2.57 0	2.22 0	1.29 0	2.34 0	2.71 0	3.90 0	7.74 0	361	343	201	277	239	248	269	111	207			

(10) PT-MEC	54.5 50	46.9 40	53.1 60	51.8 80	48.8 90	44.4 00	45.2 10	40.5 20	41.0 20	54.0 50	52.7 80	84.2 10	42.5 36	62.8 78	44.1 34	64.5 47	49.6 62	42.2 00	52.8 90	41.6 90	57.5 90	0	0	0
Departamento de Mecânica	33.7 50	29.1 00	32.8 50	31.8 00	31.0 50	27.6 00	27.7 50	24.6 00	24.9 00	32.8 50	32.7 00	51.3 00	26.4 45	39.3 60	27.8 25	40.8 00	32.8 80	28.2 00	33.1 50	24.6 00	35.4 00			
S.A. Engenharia Civil	20.8 00	17.8 40	20.3 10	20.0 80	17.8 40	16.8 00	17.4 60	15.9 20	16.1 20	21.2 00	20.0 80	32.9 10	16.0 91	23.5 18	16.3 09	23.7 47	16.7 82	14.0 00	19.7 40	17.0 90	22.1 90			
(11) PT-ECR	35.8 00	32.2 00	26.6 00	34.8 00	32.4 00	30.6 00	30.6 00	34.8 00	32.0 00	36.2 00	28.6 00	47.4 00	25.0 00	27.6 00	28.4 00	26.8 00	30.4 00	22.0 00	38.0 00	30.4 00	28.4 00	0	0	0
Edif. Central e da Reitoria	35.8 00	32.2 00	26.6 00	34.8 00	32.4 00	30.6 00	30.6 00	34.8 00	32.0 00	36.2 00	28.6 00	47.4 00	25.0 00	27.6 00	28.4 00	26.8 00	30.4 00	22.0 00	38.0 00	30.4 00	28.4 00			
(12) PT-CPCT	20.2 30	17.7 60	20.0 00	12.8 30	12.0 50	8.88 0	11.2 60	8.50 0	10.3 80	18.4 00	20.2 00	24.7 10	14.7 77	22.1 53	10.6 91	16.0 58	12.6 05	13.9 50	19.5 80	19.3 30	29.6 40	0	0	0
Complexo Ped. Cient. Tec.	20.2 30	17.7 60	20.0 00	12.8 30	12.0 50	8.88 0	11.2 60	8.50 0	10.3 80	18.4 00	20.2 00	24.7 10	14.7 77	22.1 53	10.6 91	16.0 58	12.6 05	13.9 50	19.5 80	19.3 30	29.6 40			

YEAR	MONTH	Consumo de Electricidade [kWh]
2013	1	29.980
2013	2	27.060
2013	3	29.476
2013	4	29.740
2013	5	26.412
2013	6	27.966
2013	7	34.592
2013	8	24.406
2013	9	29.104
2013	10	28.912
2013	11	30.106
2013	12	27.846
2014	1	29.490
2014	2	29.042
2014	3	26.806
2014	4	26.036
2014	5	27.930
2014	6	25.292
2014	7	29.576
2014	8	21.678
2014	9	34.166
2014	10	10.256

METERID	YEAR	MONTH	valor [m3]
10877	2013	1	1.191
10877	2013	2	930
10877	2013	3	1.162
10877	2013	4	0
10877	2013	5	0

10877	2013	6	0
10877	2013	7	0
10877	2013	8	0
10877	2013	9	0
10877	2013	10	0
10877	2013	11	430
10877	2013	12	1.209
10877	2014	1	1.501
10877	2014	2	1.295
10877	2014	3	713
10877	2014	4	226
10877	2014	5	0
10877	2014	6	0
10877	2014	7	0
10877	2014	8	0
10877	2014	9	0
10877	2014	10	0

Anexo 12

Tabela de Equivalências⁽¹⁾

	MWh	GJ	MMBtu ⁽²⁾	kcal	m³(n) GN	tep ⁽³⁾	tec ⁽⁴⁾
1 MWh	1	3,6	3,4121	859.845	93	0,0860	0,1228
1 GJ	0,2778	1	0,9478	238.846	26	0,0239	0,0341
1 MMBtu ⁽²⁾	0,2931	1,055056	1	251.996	27	0,0252	0,0360
1.000 m³(n) GN	10,715	38,574	36,561	9.213.150	1.000	0,9213	1,3162
1 tep ⁽³⁾	11,630	41,868	39,683	10.000.000	1.085	1	1,4286
1 tec ⁽⁴⁾	8,1410	29,308	27,778	7.000.000	760	0,7000	1
1 ton GPL ⁽⁵⁾	12,778	46,001	43,600	10.987.102	1.193	1,0987	1,5696
1 ton Fuelóleo pesado ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	11,111	40,000	37,912	9.553.740	1.037	0,9554	1,3648
1 ton Coque de Petróleo ⁽⁵⁾	8,8194	31,750	30,093	7.583.357	823	0,7583	1,0833
1 ton gasóleo ⁽⁵⁾	11,889	42,800	40,567	10.222.604	1.110	1,0223	1,4604

(1) Agência Internacional de Energia
(<http://www.iea.org/stats/unit.asp>)

(2) Million Metric British thermal units

(3) Tonelada equivalente de petróleo

(4) Tonelada equivalente de carvão

(5) Equivalências com base no PCI médio dos combustíveis (Despacho 17313/2008)

(6) "Fuelóleo pesado" = necessita de reaquecimento;
Fonte INE (http://metaweb.ine.pt/sim/CONCEITOS/Detalhe.aspx?cnc_cod=6719&cnc_ini=22-01-2008)

Anexo 13



Direção Geral de Energia e Geologia
Direção de Serviços de Planeamento e Estatística

Informação atualizada a 27 de fevereiro de 2015

**Preços Médios Ponderados de Gás Natural na
Indústria, em Portugal**

1º Semestre de 2014

Indústria	P r e ç o s e m € / G J		
	Sem Taxas	Sem IVA	Com Taxas
Banda - I1	19,320	20,590	25,330
Banda - I2	15,510	16,020	19,700
Banda - I3	11,630	11,860	14,580
Banda - I4	9,990	10,100	12,390
Banda - I5	9,550	9,560	11,760

2º Semestre de 2014

Indústria	P r e ç o s e m € / G J		
	Sem Taxas	Sem IVA	Com Taxas
Banda - I1	20,190	21,730	26,730
Banda - I2	16,450	16,920	20,800
Banda - I3	12,960	13,170	16,190
Banda - I4	11,270	11,400	14,010
Banda - I5	9,940	9,970	12,400

Consumo anual em MWh a partir do 2º semestre de 2007	Bandas de Consumo				
	I1	I2	I3	I4	I5
	< 1 000	1 000 a < 10 000	10 000 a < 100 000	100 000 a < 1 000 000	1 000 000 a < = 4 000 000

Esta informação resulta do estipulado na Diretiva 2008/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de Outubro de 2008

Fonte: Eurostat

Nota: Banda I3, banda de referência em termos do Eurostat, para efeitos comparativos entre a UE27

Fiscalidade em Portugal:

Taxa de Imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP): 0,30 €/GJ. (Lei n.º 66 B/2012 de 31 de dezembro - Orçamento de Estado)

Taxa de IVA: 6% até 30 de setembro de 2011 e 23% a partir de 1 de outubro de 2011 (Lei nº51-A/2011, de 30 de Setembro)



**Direção
Geral de Energia e
Geologia**

Direção de Serviços de Planeamento e Estatística

Informação atualizada a 19 de março de
2015

**Preços Médios Ponderados de Energia Elétrica na Indústria, em
Portugal**

1º Semestre de 2014

Setor Indústria

P r e ç o s e m € / k W h

	Sem Taxas	Sem IVA	Com Taxas
Band - IA	0,1597	0,1910	0,2347
Band - IB	0,1289	0,1494	0,1835
Band - IC	0,1029	0,1162	0,1427
Band - ID	0,0890	0,1010	0,1239
Band - IE	0,0734	0,0842	0,1035
Band - IF	0,0633	0,0761	0,0936

2º Semestre de 2014

Setor Indústria	P r e ç o s e m € / k W h		
	Sem Taxas	Sem IVA	Com Taxas
Band - IA	0,1564	0,1868	0,2297
Band - IB	0,1246	0,1442	0,1774
Band - IC	0,1052	0,1187	0,1459
Band - ID	0,0890	0,1008	0,1240
Band - IE	0,0767	0,0879	0,1082
Band - IF	0,0697	0,0838	0,1030

Consumo anual em MWh a partir do 2º semestre de 2007	Bandas de Consumo						
	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG
	< 20	20 a < 500	500 a < 2 000	2 000 a < 20 000	20 000 a < 70 000	70 000 a <= 150 000	> 150 000

Esta informação resulta do estipulado na Diretiva 2008/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de Outubro de 2008

Nota: Banda IC, banda de referência em termos do Eurostat, para efeitos comparativos entre a União Europeia

Fiscalidade em Portugal:

Taxa de Imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP): 1,00 €/MWh. (Portaria n.º320-D/2011 de 30 de dezembro)

Taxa de IVA: 6% até 30 de setembro de 2011 e 23% a partir de 1 de outubro de 2011 (Lei nº51-A/2011, de 30 de Setembro)

Anexo 14

Hamburgo

Caldeira de Alta Potência

Utilização:

Aquecimento Central e/ou Produção de Água Quente Sanitária, Aquecimento de água de piscinas.

Aplicações:

Aquecimento central por radiadores, ventiloconectores ou piso radiante; produção de águas quentes sanitárias através de acumuladores ou permutadores; produção de água quente para piscinas e outras aplicações.

Limites de funcionamento:

Temperatura máxima de saída de água quente: 90°C;
Pressão de serviço: máximo 4 ou 5 bar.

Combustível: Gás natural, GPL ou Gasóleo;

Fluido do circuito primário:

Mistura de água com anti-congelante e/ou anti-corrosivo;

Gama: modelos disponíveis de 80 a 1250kW.

Características Técnicas:

- As caldeiras em chapa de aço Hamburgo são construídas com aço de alta qualidade de forma piratubular, alto rendimento e baixo NOx e têm um desenho de 3 passagens de fumos. A primeira passagem efectua-se na câmara de combustão onde o calor é transferido por radiação e na segunda e terceira passagem de fumos que se efectuam nos tubos de fumos o calor é cedido por convecção.
- Como a câmara de fumos traseira é banhada em água, o rendimento da caldeira é ligeiramente incrementado.
- Existem uns deflectores para aumentar a velocidade dos fumos na tuba de chama que permitem que a transferência de calor por convecção.
- Podem trabalhar com queimadores a gasóleo ou a gás de 1, 2 chamas ou modulantes. Não incluídos.
- Refrigeração por água em toda a envolvente da caldeira.
- Uma porta removível proporciona um acesso completo à câmara de combustão e às passagens de fumos para limpeza e uma tampa traseira para acesso à saída das passagens de fumos. Porta do queimador com chapa para fixação do queimador. Esta chapa não está furada. Custo não incluído.
- Isolamento do corpo da caldeira com lã de rocha, que assegura o mínimo de perdas por radiação de calor e uma maior eficiência energética da caldeira.

Certificados:

As caldeiras Zantia Hamburgo têm as seguintes certificações CE:

- Directiva Rendimento Energético 92 / 42 / CEE
- Directiva de equipamentos a Gás 90 / 396 / CEE

Acessórios obrigatórios não incluídos:

- Queimador a gás ou gasóleo.
- Elementos hidráulicos.
- Conduta de fumos.



Quadro de comandos ZOCA 2.0 (incluído)



Câmara de fumos desmontável para uma manutenção rápida e fácil



A passagem de fumos está equipada com ventosas ajustáveis para atingir elevados rendimentos a um baixo custo



A fechadura da porta é equipada com um centrador para garantir uma impermeabilização perfeita

© Zantia 2010 Zantia S.A. Todos os direitos reservados. As especificações técnicas estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.



Hamburgo C

versão de condensação

A caldeira de alta potência Hamburgo C, versão de condensação, com um rendimento que atinge os 106%, resultado do calor obtido pela condensação do vapor de água na conduta de fumos. Para mais informação sobre esta versão, consulte o nosso Departamento técnico.

CARACTERÍSTICAS	80	105	150	200	250	300	350	450	600	800	1000	1250
Potência Útil (kW)	80	105	150	200	250	300	350	450	600	800	1000	1250
Rendimento Útil (%)	93,9	94,0	94,3	94,6	94,8	95,2	95,4	95,4	95,4	95,4	95,4	95,2
Volume de Água (litros)	220	230	400	440	520	620	620	550	580	690	790	930
Dimensões AxPxD, (mm)	1020 x 700 x 1470	1020 x 700 x 1470	1230 x 860 x 1407	1230 x 860 x 1790	1340 x 950 x 1845	1340 x 950 x 2095	1340 x 950 x 2142	1458 x 800 x 2202	1798 x 870 x 2235	1798 x 870 x 2618	1978 x 950 x 2462	1983 x 950 x 2862
Peso s/queimador (kg)	370	405	581	697	819	902	1008	1197	1453	1644	1950	2335

geral@zantia.com

www.zantia.com

ZANTIA
soluções em climatização



Condensação
Industria

Caldeira Hamburgo C

Principais Características

- Temperatura máxima de saída de água quente: 90°C
- Pressão de serviço: máximo 4 ou 6bar.
- Construídas em chapa de aço de alta qualidade de forma pirotubular, alto rendimento, baixo NOx e câmara de combustão com um desenho de 3 passagens de fumos. - O rendimento atinge os 106%, resultado do calor obtido pela condensação do vapor de água na conduta de fumos.
- Podem trabalhar com queimadores a gás de 1, 2 chamas ou modulantes. Não incluídos.
- A existência de uma porta amovível proporciona um acesso completo à câmara de combustão e às passagens de fumos para limpeza e uma tampa traseira para acesso à saída das passagens de fumos.

Descrição do Produto

A caldeira de condensação de média e alta potência Hamburgo C está disponível com potências de 175 a 1250kW, destinada à produção de água quente para aquecimento central, água quente sanitária, aquecimento de piscinas e outras aplicações industriais.

Está preparada para trabalhar com Gás Natural ou GPL.

A instalação deste equipamento deve ser executada no interior de uma zona técnica.

O fluido primário deve consistir numa mistura de água com anti-congelante e/ou anti-corrosivo;

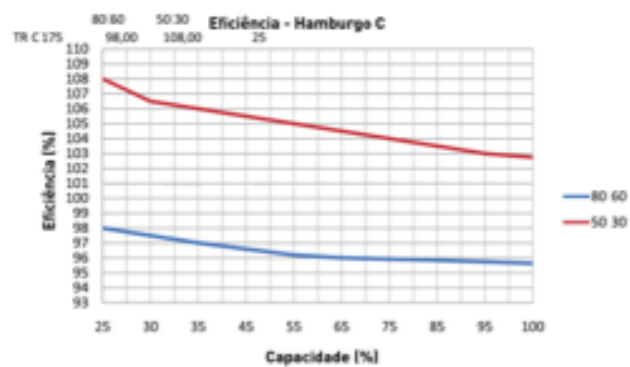
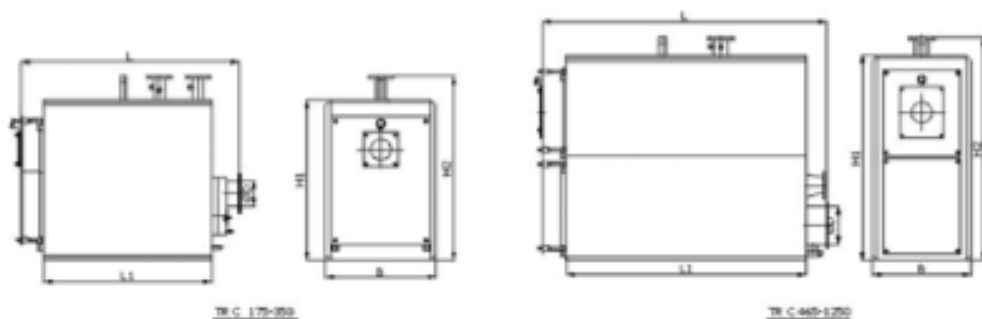
As caldeiras Zantia Hamburgo C têm certificação CE segundo as normas:

- Directiva Rendimento Energético 92 / 42 / CEE
- Directiva de equipamentos a Gás 90 / 396 / CEE
- Directiva sobre compatibilidade electromagnética 89 / 336 / CEE

Modelos e Preços

Referência	Modelo
0104.0501	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 175 4bar
0104.0502	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 230 4bar
0104.0503	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 290 4bar
0104.0504	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 350 4bar
0104.0505	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 465 4bar
0104.0506	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 625 6bar
0104.0507	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 810 6bar
0104.0508	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 1000 6bar
0104.0509	Caldeira Industrial de Condensação Hamburgo C 1250 6bar

Todos os modelos sob encomenda especial.



DADOS TÉCNICOS	175	230	290	350	465	625	810	1000	1250
Potência térmica útil (kW)	175	230	290	350	465	625	810	1000	1250
Rendimento (%)	93,9	94	94,3	94,6	94,8	95,2	95,4	95,4	95,4
Pressão de serviço (bar)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Perda de carga água (mbar)	0,7	0,9	1,3	1,8	2,3	2,7	3	4,6	5,4
Perda de pressão gases (mbar)	0,2	0,6	1	1,1	1,2	1,6	1,8	2	2,5
Dimensões (L) (mm)	1690	1790	1940	2095	2215	2240	2640	2465	2865
Dimensões (L1) (mm)	1300	1400	1550	1700	1802	1801	2200	2465	2865
Dimensões (B) (mm)	875	875	900	900	830	930	930	2000	2400
Dimensões (H1) (mm)	1250	1250	1300	1300	1595	1738	1738	1010	1010
Dimensões (H2) (mm)	1413	1413	1465	1465	1710	1850	1850	1922	1922
Diâmetro saída chaminé (mm)	200	200	250	250	300	300	300	2037	2037
Tubagem saída	DN80	DN80	DN100	DN100	DN100	DN100	DN125	DN125	DN150
Tubagem entrada	DN80	DN80	DN100	DN100	DN100	DN100	DN125	DN125	DN150
Ligação v. segurança	DN40	DN40	DN50	DN50	DN50	DN50	DN65	DN65	DN80
Volume de água (lts)	490	520	580	620	520	540	720	810	960
Seleção de Queimador (Não Fornecido)									
Gás (2 escalões)	EM 26/2-E	EM 40/2-E	EM 40/2-E	EM 40/2-E	LMB G 600	LMB G 1000	LMB G 1000	LMB G 1300	LMB G 2000
Gás (modulante)	LMB G 600	EM 26/M-E	EM 40/M-E	EM 40/M-E	LMB G 600	LMB G 1000	LMB G 1000	LMB G 1300	LMB G 2000

Anexo 15

**PROPOSTA Nº 15198**

Data Documento: 03.06.2015
Documento: Proposta Nº 15198

Ex.mo(s) Senhor(es):
IRENE TEIXEIRA

Cliente: 5162

Contrib. n.º

Este Documento não serve de Factura

FAX: EMAIL: Página 1 de 2

Código	Descrição	Quantidade	Pr. Unitário	Ecovvalor	Val. Líquido	IVA
CALDERA A GÁS CONDENSACÃO						
0104.0502	Caldeira Hamburg C 230 4bar	1,00	14.252,26		14.252,26€	23
1101.0176	Queimador a Gas EM 40/2-E D4 (Monofásico)	1,00	3.606,21		3.606,21€	23
CIRCUITO DE RECIRCULAÇÃO (A TÍTULO INDICATIVO)						
117.2120640	Circulador Wlo-Tonos Mako 25/0.5-10	1,00	679,88		679,88€	23
117.4092741	Ligação p/ Circulador Zantia 1 1/2x1" (Par) Fundido	1,00	9,18		9,18€	23
1606.0403	Valvula de Retenção Mola 1"	1,00	6,56		6,56€	23
1610.0111	Valvula Esfera M/F 1" Export c/ Manipulo	2,00	8,65		17,30€	23
1901.0202	Termostato de Imersao C-2000	1,00	21,03		21,03€	23
1601.0312	Vaso de Expansao ERE 150L	1,00	243,80		243,80€	23
CHAMINÉ (A TÍTULO INDICATIVO)						
1002.0427	PDUI Adaptador c/ Isol. D.200/250 BC.200 Inox/Inox	1,00	44,73		44,73€	23
1002.0441	PDUI Te 90° D.200/250 Inox/Inox	1,00	122,23		122,23€	23
1002.0443	PDUI Tampa D.200/250 Inox/Inox	1,00	21,26		21,26€	23
1002.0501	PDUI Modulo 1M D.250/300 Inox/Inox	10,00	115,54		1.155,40€	23
1002.0520	PDUI SUPORTE BASE D.250/300 INOX/INOX	1,00	152,33		152,33€	23
1002.0514	PDUI CONE SAIDA LIVRE D.250/300 INOX/INOX	1,00	73,40		73,40€	23
120.H5A25	Abraçadeira Mural 50 a 80mm D.250	8,00	16,83		135,44€	23

NOTA:

Condições Gerais:

- ESTE DOCUMENTO SERVE SOMENTE COMO INFORMAÇÃO DE PREÇOS.
AS REFERÊNCIAS E QUANTIDADES DESCRITAS NÃO TÊM CARÁCTER VINCULATIVO.
- Prazo de entrega: a confirmar, sujeito a disponibilidade de transporte.
- Validade de um mês salvo alterações de preços na origem.

TOTAL LÍQUIDO: 20.541,01€

Incidência	Taxa	IVA
20.541,01€	23,00%	4.724,43
	13,00%	
	6,00%	
TOTAL		25.265,44€

DOCUMENTO PROCESSADO POR COMPUTADOR. POR: Bruno Coelho

DATA IMPRESSÃO: 03.06.2015 HORA: 14:11:54

Software PHC - Processado por programa certificado nº 0006/AT-Este documento não serve de fatura

ZANTIA CLIMATIZAÇÃO S.A. | Zona Industrial de Mundão | Lote 10-A | 3505-459 Viseu | Tel. (+351) 232 439 010 | Fax. (+351) 232 439 029

Nº Único: 707 30 90 10 | geral@zantia.com | www.zantia.com

Aut. C.R.C. de Viseu sob o nº 4214 | Capital Social 630.000€ | NIPC PT 305 013 436

GRUPO ZANTIA

**PROPOSTA Nº 15198**

Data Documento: 03.06.2015

Documento: Proposta Nº 15198

Exmo(s) Senhor(es):
IRENE TEIXEIRA

Cliente: 5162

Contrib. n.º

Este Documento não serve de Factura

FAX:

EMAIL:

Página 2 de 2

Código	Descrição	Quantidade	Pr. Unitário	Ecovvalor	Val. Líquido	IVA
	- NÃO INCLUI TUBAGEM E OUTROS ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO.					
	- NÃO INCLUI INSTALAÇÃO.					

Condições Gerais:

- ESTE DOCUMENTO SERVE SOMENTE COMO INFORMAÇÃO DE PREÇOS.
- AS REFERÊNCIAS E QUANTIDADES DESCRITAS NÃO TÊM CARÁCTER VINCULATIVO.
- Prazo de entrega: a confirmar, sujeito a disponibilidade de transporte.
- Validade de um mês salvo alterações de preços na origem.

TOTAL LÍQUIDO: 20.541,01€

Incidência	Taxa	IVA
20.541,01€	23,00%	4.724,43
	13,00%	
	6,00%	
TOTAL		25.265,44€

DOCUMENTO PROCESSADO POR COMPUTADOR, POR: Inácio Coelho

DATA IMPRESSÃO: 03.06.2015 HORA: 16:11:54

Software PHC - Processado por programa certificado nº 0006/AT- Este documento não serve de fatura

ZANTIA CLIMATIZAÇÃO S.A. | Zona Industrial de Mundão | Lote 10-A | 3505-459 Viseu | Tel. (+351) 232 439 010 | Fax. (+351) 232 439 029

Nº Único: 707 30 90 10 | geral@zantia.com | www.zantia.com

Mat. C.R.C. de Viseu sob o nº 4214 | Capital Social 400.000€ | NIPC PT 308 013 436

GRUPO ZANTIA

Anexo 16

ZCD020

**Ud Desmontagem de
caldeira, para
substituição por
equipamento com
melhor eficiência
energética.**

Desmontagem de caldeira a gás, de 400 kW de potência calorífica máxima suportes de fixação e base metálica de apoio, com meios manuais e mecânicos e carga mecânica de entulho para camião ou contentor.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mq07gte010a	h	Autogrua de braço telescópico com uma capacidade de elevação de 12 t e 20 m de altura máxima de trabalho.	2,139	45,06	96,38
mo003	h	Oficial de 1ª instalador de aquecimento.	5,114	15,06	77,02
mo101	h	Ajudante de instalador de aquecimento.	5,114	14,18	72,52
mo111	h	Operário não qualificado construção.	1,279	13,66	17,47
	%	Meios auxiliares	2,000	263,39	5,27
	%	Custos indirectos	3,000	268,66	8,06
				Total:	276,72

ZCG235

**Ud Caldeira a
gás,
colectiva, de
pé, de**

condensação,
para
aquecimento.

Reabilitação energética de edifício através da colocação, em substituição de equipamento existente, de caldeira de pé, de baixa temperatura, com corpo de ferro fundido GL 180M e condensador exterior, para queimador pressurizado de gás, potência útil 290 kW, peso 1539 kg, dimensões 2813x980x1325 mm, com quadro de regulação para a regulação da caldeira em função da temperatura exterior, de um circuito de aquecimento, do circuito de A.Q.S. e do circuito de recirculação de A.Q.S., com sonda de temperatura exterior, módulo para o controlo de 2 circuitos de aquecimento com válvulas misturadoras, contentor de plástico com câmara para o granulado de neutralização, para caldeira.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt38cbu068bf	Ud	Caldeira de pé, de baixa temperatura, com corpo de ferro fundido GL 180M e condensador exterior, para queimador pressurizado de gás, potência útil 290 kW, peso 1539 kg, dimensões 2813x980x1325 mm, com quadro de regulação para a regulação da caldeira em função da temperatura exterior, de um circuito de aquecimento, do circuito de A.Q.S. e do circuito de recirculação de A.Q.S., com sonda de temperatura exterior, de 8 elementos ensabladas.	1,000	13102,88	13102,88
mt38ccg110f	Ud	Queimador pressurizado modulante para gás, de potência máxima 300 kW, com acendimento electrónico.	1,000	1596,80	1596,80
mt38cbu709a	Ud	Módulo para o controlo de 2 circuitos de aquecimento com válvulas misturadoras, com 1 sonda de temperatura para regulação da temperatura de impulsão ou retorno da água.	1,000	244,43	244,43
mt38cbu721a	Ud	Suporte para habitação para o controlador.	1,000	24,13	24,13

mt38cbu583aa	Ud	Contentor de plástico com câmara para o granulado de neutralização, para caldeira, inclusive granulado.	1,000	372,87	372,87
mt35tpt010ae	m	Tubo rígido de PVC VD-M de 16 mm de diâmetro exterior e 1,3 mm de espessura. Resistência à compressão 750 N, resistência ao impacto 2 joules, temperatura de trabalho -5°C até 60°C, classificação 3321, segundo NP EN 61386-1 e NP EN 61386-21, com o preço incrementado em 20% relativamente a acessórios e peças especiais.	10,000	0,24	2,40
mt35cep010aa	m	Cabo unipolar H07V-U, não propagador da chama, com condutor unifilar de cobre classe 1 de 1,5 mm² de secção, com isolamento de PVC, sendo a sua tensão atribuída de 450/750 V. Segundo NP 2356-3.	20,000	0,06	1,20
mt37svs010a	Ud	Válvula de segurança, de latão, com rosca de 1/2" de diâmetro, regulada a 3 bar de pressão.	1,000	3,40	3,40
mt37sgl020d	Ud	Purgador automático de ar com bóia e rosca de 1/2" de diâmetro, corpo e tampa de latão, para uma pressão máxima de funcionamento de 6 bar e uma temperatura máxima de 110°C.	2,000	5,32	10,64
mt38sss120	Ud	Pirostato de rearme manual.	1,000	56,22	56,22
mt38www050	Ud	Descarga a sumidouro, para a drenagem da válvula de segurança, composto por 1 m de tubo de aço preto de 1/2" e funil descarga, inclusive p/p de acessórios e peças especiais.	1,000	11,98	11,98
mt38ccg021a	Ud	Arranque do queimador para gás.	1,000	119,76	119,76
mt38www010	Ud	Material auxiliar para instalações de aquecimento.	1,000	1,34	1,34
mt37www010	Ud	Material auxiliar para instalações de abastecimento de água.	1,000	1,08	1,08
mo003	h	Oficial de 1ª instalador de aquecimento.	4,733	15,06	71,28

mo101	h	Ajudante de instalador de aquecimento.	4,733	14,18	67,11
	%	Meios auxiliares	2,000	15687,52	313,75
	%	Custos indirectos	3,000	16001,27	480,04
Custo de manutenção decenal: 12.344,50€ nos primeiros 10 anos.				Total:	16481,31

Anexo 17

ZBC010

Ud Substituição
de
caixilharia
exterior
envidraçada,
por
caixilharia
de alumínio
com ruptura
de ponte
térmica e
envidraçado
com caixa
"CONTROL
GLASS
ACÚSTICO
Y SOLAR".

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **entre 3 e 6 m²** de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para camião ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio **anodizado natural, para vitral de alumínio, de 140x230 cm, série alta, formada por uma folha, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templa.lite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.**

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	7,400	3,99	29,53

mt25pfx010o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro de janela, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta central de estanquidade, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	7,400	10,17	75,26
mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	10,980	1,73	19,00
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,259	2,86	0,74
mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	3,333	77,49	258,27
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08
mo111	h	Operário não qualificado construção.	1,362	13,66	18,60
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	6,259	14,81	92,70
mo057	h	Ajudante de serralheiro.	6,254	14,25	89,12
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	2,724	15,75	42,90
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	2,724	15,34	41,79
	%	Meios auxiliares	2,000	670,21	13,40

	%	Custos indirectos	3,000	683,61	20,51
Custo de manutenção decenal: 98,58€ nos primeiros 10 anos.				Total:	704,12

ZBC010

Ud Substituição de caixilharia exterior envidraçada, por caixilharia de alumínio com ruptura de ponte térmica e envidraçado com caixa "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR".

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **entre 3 e 6 m²** de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para camião ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio **anodizado natural, para janela de alumínio, de correr simples, de 240x165 cm, série alta, formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templalite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.**

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	8,100	3,99	32,32
mt25pfx110o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro lateral sem guia de persiana, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,300	23,66	78,08
mt25pfx120o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia superior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,400	30,39	72,94
mt25pfx125o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia inferior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,400	29,30	70,32
mt25pfx130o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha horizontal, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,780	21,50	102,77
mt25pfx135o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical lateral, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,200	21,50	68,80
mt25pfx140o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical central, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpa, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,200	21,50	68,80

mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	8,320	1,73	14,39
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,284	2,86	0,81
mt25pfx200cb	Ud	Kit composto por esquadros, tampas de condensação e saída de água, e ferragens de janela de correr de duas folhas.	1,000	11,48	11,48
mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	4,083	77,49	316,39
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08
mo111	h	Operário não qualificado construção.	1,445	13,66	19,74
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	6,198	14,81	91,79
mo057	h	Ajudante de serralheiro.	6,251	14,25	89,08
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	3,337	15,75	52,56
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	3,337	15,34	51,19
	%	Meios auxiliares	2,000	1143,76	22,88
	%	Custos indirectos	3,000	1166,64	35,00
Custo de manutenção decenal: 168,23€ nos primeiros 10 anos.				Total:	1201,64

ZBC010

Ud Substituição de caixilharia exterior envidraçada, por caixilharia de alumínio com ruptura de ponte térmica e envidraçado com caixa "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR".

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **de mais de 6 m²** de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para caminhão ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio **anodizado natural, para janela de alumínio, de correr simples, de 250x250 cm, série alta, formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templa.lite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.**

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
----------	----	-----------	-------	----------------	-------------

mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	10,000	3,99	39,90
mt25pfx110o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro lateral sem guia de persiana, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,000	23,66	118,30
mt25pfx120o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia superior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,500	30,39	75,98
mt25pfx125o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia inferior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,500	29,30	73,25
mt25pfx130o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha horizontal, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,980	21,50	107,07
mt25pfx135o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical lateral, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,900	21,50	105,35
mt25pfx140o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical central, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpa, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,900	21,50	105,35
mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta	8,720	1,73	15,09

		interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).			
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,350	2,86	1,00
mt25pfx200cb	Ud	Kit composto por esquadros, tampas de condensação e saída de água, e ferragens de janela de correr de duas folhas.	1,000	11,48	11,48
mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	6,402	77,49	496,09
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08
mo111	h	Operário não qualificado construção.	1,811	13,66	24,74
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	6,198	14,81	91,79
mo057	h	Ajudante de serralheiro.	6,251	14,25	89,08
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	5,232	15,75	82,40
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	5,232	15,34	80,26
	%	Meios auxiliares	2,000	1519,43	30,39
	%	Custos indirectos	3,000	1549,82	46,49
Custo de manutenção decenal: 223,48€ nos primeiros 10 anos.				Total:	1596,31

ZBC010

Ud Substituição
de
caixilharia
exterior
envidraçada,
por
caixilharia
de alumínio
com ruptura
de ponte
térmica e
envidraçado
com caixa
"CONTROL
GLASS
ACÚSTICO
Y SOLAR".

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **de menos de 3 m²** de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para camião ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio **anodizado natural, para janela de alumínio, com dobradiças basculante de abertura para o interior, de 150x120 cm, série alta, formada por uma folha, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templa.lite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.**

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
----------	----	-----------	-------	----------------	-------------

mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	5,400	3,99	21,55
mt25pfx010o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro de janela, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta central de estanquidade, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,400	10,17	54,92
mt25pfx020o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha de janela, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive juntas de estanquidade da folha e junta exterior do envidraçado, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,400	13,71	74,03
mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,840	1,73	8,37
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,189	2,86	0,54
mt25pfx200ia	Ud	Kit composto por esquadros, tampas de condensação e saída de água, e ferragens de janela abatível de uma folha.	1,000	14,74	14,74
mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	1,883	77,49	145,91
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22

mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08
mo111	h	Operário não qualificado construção.	0,705	13,66	9,63
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	5,738	14,81	84,98
mo057	h	Ajudante de serralheiro.	5,791	14,25	82,52
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	1,539	15,75	24,24
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	1,539	15,34	23,61
	%	Meios auxiliares	2,000	547,34	10,95
	%	Custos indirectos	3,000	558,29	16,75
Custo de manutenção decenal: 80,51€ nos primeiros 10 anos.				Total:	575,04

Anexo 18



<http://www.saint-gobain-glass.com>



Eficiência energética à sua medida

www.sggclimalltda.com

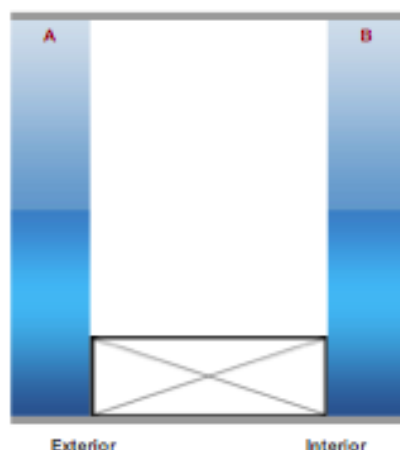
Referências do projecto

Parâmetros de selecção

Transmissão Luminosa (Tl - %): **78.7**
Factor solar (g): **0.64**

Coefficiente U (W/m².K): **1.64**
Câmara: **Ar Tratado**
Espessuras: **Todas**

Composição do vidro



SGG CLIMALIT PLUS XN BIOCLEAR

vidro duplo de auto-limpeza e isolamento térmico reforçado

[A] Vidro Exterior

sgg BIOCLEAR II (4mm de espessura)

SGG BIOCLEAR vidro de auto-limpeza, SGG PLANITHERM inclui toda a gama de vidros de baixa emissividade e de elevada performance

[B] Vidro Interior

sgg PLANITHERM XN (4mm de espessura)

SGG BIOCLEAR vidro de auto-limpeza, SGG PLANITHERM inclui toda a gama de vidros de baixa emissividade e de elevada performance

[C] Câmara: Ar Tratado (12mm de espessura)

Factores luminosos

Transmissão Luminosa (Tl - %): **80**
Reflexão Luminosa Exterior (Rle - %): **15**

Transmissão Ultra Violetas (Tuv - %): **33**
Índice de Selectividade (I.S.): **1,27**

Factores energéticos

Transmissão Energética (Te - %): **58**
Absorção Energética 1 (Ae1 - %): **7**
Absorção Energética 2 (Ae2 - %): **6**
Factor solar (g): **0,63**

Coefficiente U com Ar (W/m².K): **1,6**
Em opção
Coefficiente U com Argon (W/m².K): **1,3**

Factores acústicos

Atenuação Acústica (Rw - db): **31 (-1;-4)**

Notas técnicas

1. As espessuras deverão estar de acordo com o Regulamento das Acções R.S.A.E.P.
2. As dimensões de fabricação deverão seguir as recomendações do Glossário.
3. O local de aplicação dos produtos e composições, bem como o respectivo sistema de montagem podem tornar necessária a utilização de vidro temperado.

Anexo 19

ZBC010

Ud Substituição de caixilharia exterior envidraçada, por caixilharia de alumínio com ruptura de ponte térmica e envidraçado com caixa "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR".

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **entre 3 e 6 m²** de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para caminhão ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio **anodizado natural, para vitral de alumínio, de 140x230 cm, série alta, formada por uma folha, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templa.lite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.**

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	7,400	3,99	29,53
mt25pfx010o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro de janela, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta central de estanquidade, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	7,400	10,17	75,26
mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	10,980	1,73	19,00
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,259	2,86	0,74
mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	3,333	77,49	258,27
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22

mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08
mo111	h	Operário não qualificado construção.	1,362	13,66	18,60
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	6,259	14,81	92,70
mo057	h	Ajudante de serralheiro.	6,254	14,25	89,12
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	2,724	15,75	42,90
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	2,724	15,34	41,79
	%	Meios auxiliares	2,000	670,21	13,40
	%	Custos indirectos	3,000	683,61	20,51
Custo de manutenção decenal: 98,58€ nos primeiros 10 anos.				Total:	704,12

ZBC010

**Ud Substituição
de
caixilharia
exterior
envidraçada,
por
caixilharia
de alumínio
com ruptura
de ponte
térmica e
envidraçado
com caixa
"CONTROL
GLASS**

**ACÚSTICO
Y SOLAR".**

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **entre 3 e 6 m²** de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para camião ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio **anodizado natural, para janela de alumínio, de correr simples, de 240x165 cm, série alta, formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templa.lite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.**

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	8,100	3,99	32,32
mt25pfx110o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro lateral sem guia de persiana, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,300	23,66	78,08
mt25pfx120o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia superior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,400	30,39	72,94
mt25pfx125o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia inferior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,400	29,30	70,32
mt25pfx130o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha horizontal, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive	4,780	21,50	102,77

			junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).			
mt25pfx135o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical lateral, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,200	21,50	68,80	
mt25pfx140o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical central, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpa, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,200	21,50	68,80	
mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	8,320	1,73	14,39	
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,284	2,86	0,81	
mt25pfx200cb	Ud	Kit composto por esquadros, tampas de condensação e saída de água, e ferragens de janela de correr de duas folhas.	1,000	11,48	11,48	
mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	4,083	77,49	316,39	
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22	
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08	
mo111	h	Operário não qualificado construção.	1,445	13,66	19,74	

mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	6,198	14,81	91,79
mo057	h	Ajudante de serralheiro.	6,251	14,25	89,08
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	3,337	15,75	52,56
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	3,337	15,34	51,19
	%	Meios auxiliares	2,000	1143,76	22,88
	%	Custos indirectos	3,000	1166,64	35,00
Custo de manutenção decenal: 168,23€ nos primeiros 10 anos.				Total:	1201,64

ZBC010

Ud Substituição de caixilharia exterior envidraçada, por caixilharia de alumínio com ruptura de ponte térmica e envidraçado com caixa "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR".

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **de mais de 6** m² de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para camião ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio **anodizado**

natural, para janela de alumínio, de correr simples, de 250x250 cm, série alta, formada por duas folhas, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templa.lite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	10,000	3,99	39,90
mt25pfx110o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro lateral sem guia de persiana, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,000	23,66	118,30
mt25pfx120o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia superior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,500	30,39	75,98
mt25pfx125o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro guia inferior, gama alta, com ruptura de ponte térmica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,500	29,30	73,25
mt25pfx130o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha horizontal, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,980	21,50	107,07
mt25pfx135o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical lateral, gama alta, com ruptura de ponte térmica,	4,900	21,50	105,35

		inclusive junta exterior do vidro e felpas, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).			
mt25pfx140o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha vertical central, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta exterior do vidro e felpa, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,900	21,50	105,35
mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	8,720	1,73	15,09
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,350	2,86	1,00
mt25pfx200cb	Ud	Kit composto por esquadros, tampas de condensação e saída de água, e ferragens de janela de correr de duas folhas.	1,000	11,48	11,48
mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	6,402	77,49	496,09
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08
mo111	h	Operário não qualificado construção.	1,811	13,66	24,74
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	6,198	14,81	91,79

mo057	h	Ajudante de serralheiro.	6,251	14,25	89,08
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	5,232	15,75	82,40
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	5,232	15,34	80,26
	%	Meios auxiliares	2,000	1519,43	30,39
	%	Custos indirectos	3,000	1549,82	46,49
Custo de manutenção decenal: 223,48€ nos primeiros 10 anos.				Total:	1596,31

ZBC010

Ud Substituição de caixilharia exterior envidraçada, por caixilharia de alumínio com ruptura de ponte térmica e envidraçado com caixa "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR".

Reabilitação energética de vãos de fachada, através do levantamento da caixilharia envidraçada existente, de qualquer tipo, localizada em fachada, **de menos de 3 m²** de superfície, com meios manuais e carga manual de entulho para camião ou contentor, e substituição por caixilharia de alumínio

anodizado natural, para janela de alumínio, com dobradiças basculante de abertura para o interior, de 150x120 cm, série alta, formada por uma folha, com perfis providos de ruptura de ponte térmica, e com pré-aro, vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/12/4 Templa.lite Parsol cor cinzento, com calços e vedação contínua.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25pem015d	m	Pré-aro de alumínio de 60x20x1,5 mm, samblagem através de esquadros e provido de elementos para a fixação do mesmo à obra.	5,400	3,99	21,55
mt25pfx010o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro de janela, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta central de estanquidade, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,400	10,17	54,92
mt25pfx020o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha de janela, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive juntas de estanquidade da folha e junta exterior do envidraçado, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,400	13,71	74,03
mt25pfx030o	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de bite, gama alta, com ruptura de ponte térmica, inclusive junta interior do vidro e parte proporcional de grampos, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,840	1,73	8,37
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,189	2,86	0,54
mt25pfx200ia	Ud	Kit composto por esquadros, tampas de condensação e saída de água, e ferragens de janela abatível de uma folha.	1,000	14,74	14,74

mt21veu011xawa	m²	Vidro duplo LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior de baixa emissividade térmica LOW.S de 4 mm, caixa de ar desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 12 mm, e vidro interior Templa.lite Parsol cor cinzento de 4 mm de espessura.	1,883	77,49	145,91
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,11	1,22
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,08	1,08
mo111	h	Operário não qualificado construção.	0,705	13,66	9,63
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	5,738	14,81	84,98
mo057	h	Ajudante de serralheiro.	5,791	14,25	82,52
mo054	h	Oficial de 1ª vidraceiro.	1,539	15,75	24,24
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	1,539	15,34	23,61
	%	Meios auxiliares	2,000	547,34	10,95
	%	Custos indirectos	3,000	558,29	16,75
Custo de manutenção decenal: 80,51€ nos primeiros 10 anos.				Total:	575,04

Anexo 20

LED Esférica 250

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	632,35	681,42
C [€]	76,29	82,21
CF [€]	64,63	107,78
VAL [€]	12,45	1,51
TIR [%]	3,15	5,08
SPB [anos]	7	6
DPB [anos]	7	7
IR [-]	1,02	1,00
Modelo Simplificado		
P [€]	85,93	
C [€]	491,44	
PRS [anos]	6	

LED Standard 470

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	4 223,79	4 551,54
C [€]	509,56	549,10
CF [€]	2 862,11	3 150,31
VAL [€]	2 513,58	2 440,50
TIR [%]	58,89	62,23
SPB [anos]	2	2
DPB [anos]	2	2
IR [-]	2,91	2,87
Modelo Simplificado		
P [€]	574,00	
C [€]	852,12	
PRS [anos]	1	

LED MASTER LEDSpot PAR30 650

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	283,62	333,39
C [€]	34,22	40,22
CF [€]	127,03	170,79
VAL [€]	75,19	61,97
TIR [%]	8,55	10,38
SPB [anos]	10	9
DPB [anos]	11	12
IR [-]	1,50	1,42
Modelo Simplificado		
P [€]	14,17	
C [€]	122,38	
PRS [anos]	9	

LED Standard 806

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	2 572,72	2 730,39
C [€]	310,38	329,40
CF [€]	764,36	903,01
VAL [€]	603,07	576,02
TIR [%]	15,41	17,76
SPB [anos]	4	4
DPB [anos]	4	4
IR [-]	1,34	1,32
Modelo Simplificado		
P [€]	494,42	
C [€]	1 497,99	
PRS [anos]	3	

LED MASTER LEDtube VLE 1 000

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	1 055,75	1 372,36
C [€]	127,37	165,56
CF [€]	665,72	944,13
VAL [€]	373,29	303,22
TIR [%]	10,47	12,29
SPB [anos]	10	9
DPB [anos]	11	12
IR [-]	2,07	1,89
Modelo Simplificado		
P [€]	29,75	
C [€]	262,67	
PRS [anos]	9	

LED Standard 1 055

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	178,81	192,68
C [€]	21,57	23,25
CF [€]	61,90	74,11
VAL [€]	47,15	44,06
TIR [%]	14,17	16,35
SPB [anos]	5	5
DPB [anos]	5	5
IR [-]	1,41	1,38
Modelo Simplificado		
P [€]	24,30	
C [€]	95,33	
PRS [anos]	4	

LED MASTER LEDtube GA110 1 265

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	1 541,08	1 754,07
C [€]	185,92	211,61
CF [€]	949,92	1 137,21
VAL [€]	721,90	664,28
TIR [%]	21,73	23,93
SPB [anos]	5	5
DPB [anos]	5	5
IR [-]	2,29	2,20
Modelo Simplificado		
P [€]	101,07	
C [€]	405,25	
PRS [anos]	4	

LED Standard 1 521

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	13 422,75	14 919,95
C [€]	1 619,33	1 799,96
CF [€]	2 902,83	4 219,40
VAL [€]	1 283,48	888,33
TIR [%]	4,94	6,77
SPB [anos]	9	8
DPB [anos]	10	10
IR [-]	1,12	1,09
Modelo Simplificado		
P [€]	1 137,59	
C [€]	8 900,59	
PRS [anos]	8	

LED MASTER LEDtube VLE 1 600

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	12 208,87	14 120,57
C [€]	1 472,89	1 703,52
CF [€]	7 033,40	8 714,47
VAL [€]	5 011,76	4 496,71
TIR [%]	15,96	17,98
SPB [anos]	6	6
DPB [anos]	7	7
IR [-]	2,02	1,93
Modelo Simplificado		
P [€]	693,50	
C [€]	3 702,57	
PRS [anos]	5	

LED CorePro LEDtube 2 000

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	34 758,46	38 940,33
C [€]	4 193,29	4 697,80
CF [€]	21 580,25	25 257,62
VAL [€]	17 066,28	15 947,27
TIR [%]	25,92	28,25
SPB [anos]	4	4
DPB [anos]	4	4
IR [-]	2,36	2,29
Modelo Simplificado		
P [€]	2 686,66	
C [€]	8 984,92	
PRS [anos]	3	

LED MASTER LEDtube VLE 2 100

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	16 430,15	19 958,31
C [€]	1 982,15	2 407,79
CF [€]	11 619,85	14 722,36
VAL [€]	8 074,10	7 180,15
TIR [%]	21,52	23,65%
SPB [anos]	5	5
DPB [anos]	6	6
IR [-]	2,87	2,71
Modelo Simplificado		
P [€]	658,17	
C [€]	2 828,16	
PRS [anos]	4	

LED MASTER LEDtube VLE 3 100

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	19 485,44	23 474,48 €
C [€]	2 350,74	2 831,98 €
CF [€]	12 866,25	16 374,04 €
VAL [€]	8 819,00	7 794,39 €
TIR [%]	17,56	19,59%
SPB [anos]	6	6
DPB [anos]	7	7
IR [-]	2,45	2,32
Modelo Simplificado		
P [€]	821,95	
C [€]	4 268,45	
PRS [anos]	5	

Sódio de Alta Pressão MASTER SON-T APIA Plus Hg Free 6 300

Modelo Dinâmico		
Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
R [€]	24 919,27	29 054,76
C [€]	3 006,28	3 505,19
CF [€]	21 326,83	24 963,42
VAL [€]	16 985,11	15 877,60
TIR [%]	203,84	211,41
SPB [anos]	1	1
DPB [anos]	1	1
IR [-]	6,67	6,58
Modelo Simplificado		
P [€]	1 325,43	
C [€]	586,16	
PRS [meses]	5	

Anexo 21

Sistema de eletricidade do caso proposto

Tecnologia Fotovoltaica

Tipo de análise

☐ Método 1

☒ Método 2

Avaliação de recursos

Sistema de posicionamento solar

Inclinação

Azimut

	Fixo
°	30,0
°	0,0

☒ Mostrar dado

Mês	Radiação solar diária - horizontal kWh/m²/d	Radiação solar diária - inclinada kWh/m²/d	Preço eletricidade exportada \$/MWh	Eletricidade exportada p/ rede MWh
Janeiro	1,82	2,85	160,0	0,046
Fevereiro	2,57	3,49	160,0	0,051
Março	3,93	4,72	160,0	0,075
Abril	5,21	5,56	160,0	0,085
Maio	6,22	6,08	160,0	0,095
Junho	6,86	6,45	160,0	0,096
Julho	6,93	6,62	160,0	0,101
Agosto	6,23	6,43	160,0	0,098
Setembro	4,74	5,48	160,0	0,082
Outubro	3,16	4,12	160,0	0,065
Novembro	2,12	3,25	160,0	0,050
Dezembro	1,64	2,71	160,0	0,044
Anual	4,30	4,82	160,00	0,888
Radiação Solar anual - horizontal	MWh/m²	1,57		
Radiação Solar anual - inclinado	MWh/m²	1,76		

Fotovoltaica

Tipo

Potência elétrica

Fabricante

Modelo

Eficiência

Temperatura de operação normal da célula

Coeficiente de Temperatura

Área do coletor solar

	mono-Si	
kW	11,70	
	Apin Solar	
	mono-Si - SP150	78 unidade(s)
%	11,7%	
°C	45	
% / °C	0,40%	
m²	100	

[Ver banco de dados de produtos](#)

Perdas diversas

5,0%

Inversor

Eficiência

Capacidade

Perdas diversas

%	5,0%
kW	1,0
%	5,0%

Resumo

Fator de Utilização

Eletricidade exportada p/ rede

%	0,9%
MWh	0,888

[Completar planilha Análise de Custos](#)